التجارب الزراعيـــة
تصميمها وتحليـــل نتائجها

للاستاذ حسين ثابت
مدير قسم التجارب بوزارة الزراعة

١ — التجربة بوجه عام عملية أساسية لازمت العلم الحديث فى مختلف نواحيه، وهي خطوة ضرورية فى أعمال البحث لإظهار فائدة كل جديد ومميزاته على القديم، وذلك بمقابلتهما فى ظروف متماثلة أو أقرب ما تكون إلى التماثل. وللتجربة فضل عظيم فى تقدم العلوم والصناعات.

وقد كان طبيعيا ألا تعرف التجربة بمعناها الحديث فى ميدان الزراعة إلا منذ القرن التاسع عشر، لأنها نشأت وتابعت الزراعة فى تطورها حينما أصبحت علما له أصول وقواعد كالطب والهندسة، بعد أن كانت مهنة بسيطة يتوارثها الزراع جيلا عن جيل. ولم تكن تعدو فى نظرهم بذر الحب فى الأرض ثم الانتظار لحين جنى المحصول.

والتجربة الزراعية على اختلاف أغراضها هي الوسيلة الصحيحة لإظهار الحقيقة أو الحقائق المرتبطة بموضوعها فى بيئة متماثلة أو أقرب ما يمكن إلى التماثل، سواء فى ذلك مقابلة نوع جديد من الأسمدة أو صنف من الحاصلات الزراعية بنظائرها الشائعة، وتجربة معاملة خاصة تعامل بها البذور لزيادة حيويتها أو لوقايتها من بعض الآفات، واستعمال مادة كيماوية تعفر أو ترش بها النباتات للوقوف على تأثيرها فى مقاومة حشرة ما أو مرض من الأمراض النباتية التى تصيب المزروعات، وذلك لمعرفة قيمة الشيء الجديد وحقيقة مركزه بالنسبة للقديم وأثره فى زيادة مقدار المحصول.

أولا : تطورات التجربة الزراعية وطرق تصميمها : كانت التجربة الزراعية فى أول الأمر بسيطة سهلة ثم تطورت بمرور الزمن وبتقدم العلوم ووسائل البحث حتى صارت إلى ما نراه الآن من نظم وقواعد غاية فى الدقة والإحكام.

وسنورد فيما يلي أهم التطورات التي مرت بالتجربة الزراعية من عهد نشأتها وما لازم التطورات من قواعد خاصة بتصميم التجربة إلى الآن .

التجربة ذات المعاملة الواحدة :

١ - درج الزراع من قديم على أن يتناقلوا أخبار المشاهدات والملاحظات الملموسة التي تقع نتيجة لمعاملة خاصة جاءت قصدا أو عفوا وأدت إلى نتيجة تخالف العرف الزراعي الشائع . فمثلا إذا قام أحد الزراع بزراعة صنف جديد من القمح وحصل منه على غلة أوفر من غلة الصنف الذي اعتاد زراعته تناقل الزراع هذه النتيجة باهتمام ، وأقبل بعضهم في السنة التالية على زراعة الصنف الجديد ، وهكذا في السنوات التالية إلى أن يحل الصنف الجديد محل القديم .

تلك هي الصورة البدائية للتجربة الزراعية الأولى في أبسط صورها ، ونحن نطلق عليها اسم تجربة في شيء كثير من التجاوز بالقياس إلى المعنى الحديث لهذا الاسم ، ذلك لأن العرض الذي سنحاوله هنا لتطور التجربة الزراعية هو الذي يقضي بذلك .

وهذه التجربة البدائية « ذات المعاملة الواحدة » انطوت على استبدال الجديد بالقديم في جميع المساحة المزروعة . وهي بهذا الوضع لا تخلو من مجازفة قد تصيب من يقدم عليها بخسارة كبيرة لاحتمال عدم ملاءمة الصنف الجديد لمعدن الأرض مثلا ، وهذا يؤدي إلى نقص في الغلة ، وهي في نفس الوقت وسيلة غير سليمة للحكم على قيمة الصنف الجديد استنادا إلى هذه النتيجة التي لا ترجع إلى حقيقة الصنف الجديد ، بل ترجع إلى عدم ملاءمة معدن الأرض التي زرع فيها أو عدم تماثل ظروف البيئة في سنتين متتاليتين مثلا .

ولذلك فإن هذه التجربة ذات المعاملة الواحدة ليست في صالح الجديد من التقاوى أو السماد أو طريقة الزراعة على السواء ، فضلا عما قد تؤدي اليه من ضرر مادي بالزارع نفسه . وكان من أثر ذلك أن عدل الناس عن التجربة ذات المعاملة الواحدة إلى التجربة ذات المعاملتين .

٢ ـ التجربة ذات المعاملتين : هى تجربة الجديد فى نصف المساحة ، وتجربة القديم فى النصف الآخر من الأرض .

وظاهر أن هذه الطريقة أفضل من سابقتها بالنسبة للزارع ، لأنها لا تعرضه لخسارة كلية ، كما أنها أصلح لمقارنة الجديد بالقديم لزراعتهما فى سنة واحدة ، وفى بيئة واحدة ، وهذا مما يجعل نتيجتها أقرب إلى الحقيقة مما فى التجربة ذات المعاملة الواحدة . على أنها لا تكفل التخلص التام من تأثير ما قد يوجد بين نصفى الحقل من تفاوت فى معدن التربة ودرجة خصبها ، بل بين أجزاء النصف الواحد من الحقل خصوصاً فى المساحات الواسعة .

٣ ـ طريقة الشرايح : ثم حدث بمرور الزمن وتقدم الزراعة تطور محسوس فى تصميم التجربة ، وهو الزراعة فى « شرايح » وذلك بتقسيم الحقـــل إلى أقسام متجاورة طولية الشكل متساوية المساحة ، يزرع فيها القديم والجديد على التوالى ،

وهذه الطريقة تقلل ولا شك من تأثير ما قد يوجد بين أجزاء حقل التجربة من تفاوت فى معدن التربة ودرجة خصبها ، وبذلك تجىء نتيجة المقابلة أكثر من سابقتها تمثيلا للحقيقة . ولكن الاعتراض عليها يجىء من ناحية استنفادها لمساحة كبيرة من الأرض ، فضلا عن أنها فى الحقيقة تجربة ذات معاملتين مع فرق يذكر عن هذه بتقسيم مجموع مساحة كل معاملة على عدة قطع بدلا من قطعة واحدة .

٤ ـ المربع اللاتينى : لذلك حدث تطور أساسى هام فى تصميم التجربة بزراعتها فى مساحة محدودة من الأرض ، متجانسة المعدن والخصوبة جهد الإمكان ، واتباع طريقة خاصة فى توزيع معاملات التجربة المختلفة على تلك المساحة . وقد أطلق على هذا النوع من التصميم والتوزيع اسم « المربعات اللاتينية » وتنفذ كالآتى :

(ا) يكون شكل التجربة مربعاً أو مستطيلا ، ويقسم كل ضلع من أضلاع المربع أو المستطيل إلى أربعة أو خمسة أجزاء متساوية تبعاً لعدد معاملات التجربة فينتج عن ذلك ست عشرة قطعة أو خمساً وعشرين قطعة متساوية المساحة ومنها تتكون التجربة

(ب) توزع معاملات التجربة على هذه القطع توزيعاً متماثلا « تساميا Symetrical » فى الصفوف الرأسية والأفقية على السواء كما هو موضح فى الرسم شكل (١) وفيه رمز إلى كل معاملة بحرف من الحروف أ ، ب ، حـ ، ى

ى	حـ	ب	أ
ب	أ	ى	حـ
حـ	ى	أ	ب
أ	ب	حـ	ى

شكل (١)

وتصميم التجربة بهذه الطريقة سهل يلائم الحقل سواء أكانت قطع التجربة مربعة الشكل أم مستطيلته ، وهى كثيرة الاستعمال فى التجارب على اختلاف أغراضها ، وقد تكون ملائمة جداً للزراع الذين يريدون أن يسترشدوا فى مزارعهم بنتائج تجارب على أصناف الحاصلات أو أنواع الأسمدة المختلفة أو طرق الزراعة المختلفة ، لأنها على بساطتها كفيلة بإعطاء نتائج قريبة من الحقيقة ويستطيع الزراع الإفادة منها عمليا وتطبيقيا فى مزارعهم .

على أن هناك اعتراضاً فنياً على الترتيب التسامى المتبع فى توزيع معاملات التجربة على قطعها ، لأنه يؤدى إلى تجاور بعض الرموز أو المعاملات فى أكثر من وضع واحد ، كما هو ظاهر فى الرسم ، وهذا يقلل من قيمة توزيع هذه المعاملات وبعثرتها على جميع أجزاء الحقـــل لغرض أساسى هو تلافى تأثير ما قد يوجد فى الأرض من تفاوت فى معدن التربة أو درجة خصبها حتى تجىء النتيجة ممثلة لحقيقة الرمز أو المعاملة ، ولكن هذا التجاور يؤدى إلى احتمال وقوع قطعتين أو أكثر من قطع المعاملة الواحدة فى جزء ضعيف أو قوى من أجزاء الحقل فتجىء نتيجة غلته متأثرة بحالة التربة ، لا نتيجة لأثر المعاملة بذاتها ، وعلى الأخص فى تجارب التسميد .

٥ ـ التوزيع العشوائى لمعاملات التجربة : لذلك رئى أن يكون توزيع رموز أو معاملات التجربة على قطعها وليد الصدفة ، وهو تطور هام كان له أثر كبير فى سداد تصميم التجربة ، وبالتالى فى صحة نتائجها .

والطريقة التى تحقق هذا الغرض هى كتابة كل رمز من رموز المعاملات على قطعة ورق صغيرة ، وخلط هذه الأوراق بعضها ببعض ، ثم سحبها واحدة بعـــد

الأخرى فتعين نتيجـــة السحب ترتيب وضع الرموز وتوزيعها على قطع التجربة دون نظام معين ، ولذلك سميت بطريقة « التوزيع العشوائى لمعاملات التجربة » .

ويمكن أيضاً إعداد مجموعات مختلفة من هذه الرموز باستعمال طريقـة التبادل بين الحروف التى تمثل معاملات التجربة وكتابة تلك الحروف فى صورها الممكنة على قطع ورق صغيرة وخلطها بعضها ببعض ، ثم تجرى عملية سحب هذه الأوراق واحدة بعد أخرى . ونتيجـــة السحب تعين ترتيب وضع المعاملات المختلفـة فى الصفوف الرأسية لقطع التجربة . على أن يلاحظ إلغاء المجموعة التى يؤدى وضعها إلى تكرار نفس الرموز فى الصفوف الأفقية وإجراء سحب آخر إلى أن يتم ترتيب وضع المعاملات فى الصفوف بهذا النظام العشوائى .

ولتسهيل عملية هذا التوزيع العشوائى على قطع التجربة دون عنـاء وضع أحد العلماء جداول لذلك تعرف باسمه وهى « جداول تيبيت » (Jippett's Tables) يرجع اليها عند إجراء هذا التوزيع ، وذلك بقسمة الأعداد الواردة بهذه الجداول على عدد معاملات التجربة ، وباقى القسمة يمثل رقم المعاملة الخاصة المرموز لها بحرف يقابلها فى الجدول ، وبذلك يتعين بطريق المصادفة ودون عناء موضع هذه المعاملة أو الرمز من حقل التجربة ، كما هو موضح فى المثل التالى لتجربة عدد معاملاتها خمس :

المعاملات	رمزها	ارقام من جداول تيبيت	باقى القسمة على خمسة	ترتيب المعاملات بعد استخراج باقى القسمة
ا	صفر	٦٧	٢	حـ
ب	١	٢٤	٤	هـ
حـ	٢	٣١	١	ب
د	٣	٣٩	٤	هـ
هـ	٤	٣	٣	د

وبذلك يكون ترتيب وضع الرموز أو المعاملات لهذه التجربة فى الصف الأفقى الأول هكذا حـ هـ ب هـ د . وبما أن الرمز هـ قد تكرر فى نفس الصف مرتين فيستبعد ويصبح الترتيب السليم هو حـ هـ ب د ا

٦ ـ عدد مكررات كل معاملة : ضمانا لتلافى تأثير ماقد يوجد من تفاوت بين أجزاء الحقل فى طبيعة حقل التجربة أو درجة خصبها على المحصول تكرر زراعة كل معاملة من المعاملات عدة مرات بين أجزاء الحقل وتوزع على قطع التجربة توزيعاً يكفل عدم تجاورها كما تقدم . ولهذا التكرار فائدة أخرى سنتكلم عنها تفصيلا عند الكلام على تحليل النتائج ، وهى إمكان قياس نسبة الخطأ التجريبى من أرقام محصول كل مكرر من مكررات كل معاملة على حدة .

ولعدد مكررات كل معاملة حد تقل بعده الفائدة من زيادتها عن هذا الحد ، وذلك عندما يكون تصميم التجربة بطريقة « المربع اللاتينى » فضلا عما تستلزمه هذه الزيادة فى عدد المكررات من مساحة كبيرة من الأرض دون مبرر ، وبذل نفقات وجهود لا تتناسب وما يرجى من وراء هذه الزيادة من خفض نسبة الخطأ التجريبى .

والمعتاد أن يكون عدد المكررات مساويا لعدد الرموز أو المعاملات ما دام هذا العدد محدوداً ، أى خمس أو ست معاملات على الأكثر . أما الحد الأدنى لعدد المكررات فيجب ألا يقل عن أربعة مهما كان عدد المعاملات وإلا أثر ذلك فى التجربة عن طريق التفاوت الذى يوجد عادة بين أجزاء حقل التجربة فى طبيعة التربة ودرجة خصبها .

وما دمنا بصدد عدد مكررات كل معاملة فلا يسعنا ترك هذا الموضوع دون الكلام على موضوع يتصل به ، وهو عدد التجارب التى تقام لغرض معين وتوزيعها يكفل تمثيل مختلف المناطق الزراعية ، وهذا التوزيع له أهميته فى النتائج التى تستخلص من أرقام التجربة ومدى الاطمئنان اليها ، ذلك بأن هذا التوزيع على مختلف المناطق يكفل تعريض التجربة لشتى الظروف الجوية ، وعوامل البيئة المحلية السائدة فى مختلف المناطق مما يؤثر ولا شك فى نتيجة التجربة تبعاً لمدى الاختلاف الذى تعرضت له .

وقد تظهر أهمية ذلك بنوع خاص فى التجارب التى تقام لمقابلة الأصناف الجديدة للمحاصيل الزراعية المختلفة ، ومدى ملاءمة كل صنف منها لمنطقة أو أكثر ، فقد

تسفر التجـــربة عن تفوق صنف من أصناف تلك الحاصلات فى منطقة شمال الدلتا مثلا بينما تتفوق عليه سائر الأصناف المزروعة معه فى منطقة مصر العليـــا أو مصر الوسطى .

ونقطة أخرى فى هذا الموضوع ، وهى أن الاطمئنان إلى النتائج التى نحصل عليها من تجربة ما يتوقف على عدد التجارب التى أقيمت ، فكلما زاد عددها كلما زاد مدى الاطمئنان إلى نتائجها ، وبالتالى الاعتماد على مدلول تلك النتائج .

وإذا لم نتمكن من جعل عدد التجارب فى سنة واحدة مما يمكن الاطمئنـان إلى نتائجه ، وهو الأفضل ، استطعنا أن نستعيض عن ذلك بتكرار اقامة هذه التجربة عدة سنوات متتالية تبعاً لعددها فى كل سنة فيكون متوسط نتائجها فى تلك السنوات مبرراً للاعتماد على ما يستنبط منها .

على أنه يمكن القول بصفة إجمالية أن ثلاث أو أربع سنوات متتالية هو الحد الأدنى لعدد السنين التى تكون النتائج فيها مما يمكن الاطمئنان اليه مادام عددها فى كل سنة فى دائرة المعقول الذى يستريح اليه القائم بالتجربة .

٧ - طريقة الأقسام أو المجموعات العشوائية : (Randomised Bloch System)

ترتب على ضرورة التقيد بعدد معين من المكررات لكل معاملة من معاملات التجربة تطور جديد فى تصميمها يطلق عليه اسم « طريقة الأقسام أو المجموعات العشوائية » ، وفيها يقسم حقل التجربة إلى أقسام أو مجموعات رئيسية يتراوح عددها بين أربعة وثمانية أقسام ، واعتبار المعاملات المختلفة الموزعة على كل مجموعة من تلك المجموعات أو الأقسام وحدة قائمة بذاتها ، وتوزيع المعاملات عليها بطريقة القرعة ، أو باستعمال جداول تيبيت التى تقدم الكلام عنها ، ولكن مع فرق أساسى بين الطريقتين هو عدم أهمية تكرار تجاور قطع أى رمز من الرموز فى أى صف من الصفوف الرأسية أو الأفقية مادامت معاملات كل مجموعة توزع على حدة باعتبارها وحدة مستقلة كما هو موضح بالرسم الآتى :

المجموعة الأولى			المجموعة الثانية			المجموعة الثالثة		
ب	ج	هـ	ذ	ب	ط	ج	ط	د
و	د	ط	ج	هـ	و	ب	هـ	ب
هـ	ب	ج	ط	هـ	ج	ج	د	و
د	ط	و	ب	و	د	ب	هـ	ط

المجموعة الرابعة المجموعة الخامسة المجموعة السادسة

ويلاحظ فى هذه التجربة أن عدد معاملاتها ست ، رمز لها بالحروف . ب ، ج ، ط ، و ، د ، هـ وقد كررت كل معاملة منها ست مرات ، ووزعت بطريق القرعة على قطع المجموعات الست التى تكونت كل منها من ست قطع ، ولم يمنع هذا النظام تجاور أو تكرار بعض المكررات فى مجموعة واحـــدة ، كما هو ظاهر في المجموعة الثالثة . ولا ضرر من ذلك كما تقدم ما دامت معاملات كل مجموعة توزع على حدة باعتبارها وحدة مستقلة قائمة بذاتها ، ولذلك سمى هذا التصميم « المجموعات العشوائية » .

٨ - مساحة قطع التجربة : كان تصغير مساحة قطع التجربة بين التطورات العديدة التى مرت بالتجربة الزراعية ، وقد دعت اليه ثلاثة أسباب :

أولها ، ضمان تجانس معدن التربة وخصبها بكل قطعة من القطع الصغيرة ، لأن كبر مساحتها يزيد فى فرصة وجود عدم تجانس ، وهذا يؤثر فى نتائج التجربة بدرجة قد تزيد على تأثير المعاملات نفسها .

وثانيها ، الارتباط الوثيق بين مساحة القطعة وما ظهر من قواعد التحليل الإحصائى لنتائج التجربة ليمكن التعويل أو عدم التعويل على نتائجها . وسنتكلم عن ذلك تفصيلا عند الكلام على تحليل نتائج التجارب .

وثالثها ، ما سبق إيضاحه من ضرورة تكرار كل معاملة من معاملات التجربة عدة مرات وتوزيعها على أجزاء الحقل المختلفة تبعاً لطريقة تصميم التجربة . وهذا يستنفد مساحة كبيرة من الأرض إذا كبرت مساحة القطعة .

وقد بولغ أحياناً فى تصغير مساحة القطعة إلى حد جعلها متراً مربعاً . واكتفى البعض بحصول هذه المساحة من كل قطعة لاستخراج النتيجة سواء أكانت مساحة القطعة ١/٢ أم ١/٤ أم ١/٨ من الفدان .

على أن هذه المبالغة فى تصغير المساحة لا يؤمن معها كذلك الوقوع فى خطأ ينشأ عن احتمال انحراف محصول هذا المتر المربع فى قطعة أو أكثر من قطع المعاملة انحرافا كبيرا عن متوسط محصول القطعة الكاملة، وعلى الأخص فى حالة الحاصلات الجزرية الكبيرة الحجم مثل البنجر التى تترتب على كبرها قلة عدد النباتات فى مساحة ما بالنسبة لحاصلات الحبوب مثلا فى مثل هذه المساحة .

وقد أجريت تجارب كثيرة لمعرفة أنسب مساحة لقطع التجربة فظهر منها أنه كلما كبرت المساحة « فى نطاق معقول » قلت نسبة الخطأ التجريبى الناشىء عن ظروف حقل التجربة والعمليات الزراعية التى تجرى فيه . ووجد أن فائدة كبر المساحة تقل أو تنعدم فى تجارب الحقل إذا زادت مساحة القطعة عن ١/٤ من الفدان وهى المساحة الملائمة لأكثر التجارب الزراعية لحاصلات الحبوب . أما بالنسبة لمحصولى القطن والقصب فإن المساحة الملائمة تصل إلى ١/٢ من الفدان .

٩ — التجربة البسيطة والتجربة المركبة : كان من المعروف إلى زمن قريب أن التجربة يجب أن ترمى إلى غرض واحد بحيث تتساوى فى جميع عمليات إعداد الأرض للزراعة وعملية الزراعة وشتى عمليات الخدمة من رى وعزق وتسميد وما إلى ذلك، ولا تختلف إلا فى شىء واحد هو الغرض الذى من أجله أقيمت التجربة. ففى تجربة أصناف الحاصلات تتساوى جميع هذه العمليات ولا تختلف إلا فى الصنف لتبين أى الأصناف تفوق محصوله على سائر الأصناف . وفى تجربة أنواع الأسمدة والكميات التى تضاف من كل نوع تتساوى كذلك جميع العمليات الزراعية ، ومنها صنف المحصول المزروع ، ولا تختلف إلا فى نوع السماد المضاف إليه إن كانت تجربة لنوع الأسمدة ، أو فى كمية السماد المضاف اليه إن كانت لمعرفة أنسب كمية اقتصادية من تلك الأسمدة ، وكذلك تجارب طرق الزراعة ومسافات الزراعة ومواعيد الزراعة وما إلى ذلك من نواحى البحث التى يراد تبين أى المعاملات يتفوق محصولها على سائر المعاملات .

وتسمى التجربة بسيطة إذا كانت موحدة الغرض كما فى الأمثلة التى أشرنا إليها فيما تقدم وكانت هى النوع الوحيد للتجربة إلى عهد قريب .

على أن التقدم المطرد فى علوم الزراعة وفى طرق البحث وتصميم التجربة ودراسة وتحليل نتائجها ، كل أولئك أدى إلى تيسير تعدد أغراض التجربة الواحدة والجميع بين عدة أغراض فيها لمعرفة أثر كل غرض من هذه الأغراض على حدة ، ثم أثر التفاعل بين بعضها والبعض الآخر ، وتأثير ذلك على مقدار المحصول .

وتسمي التجربة التى تتعدد فيها الأغراض بالتجربة المركبة ، فيمكن مثلا إقامة تجربة لمعرفة أنسب كمية اقتصادية لكل من السماد الأزوتى والفوسفاتى على حدة وهما مجتمعان على محصول ما ، كما يمكن أن يضاف لهذه التجربة غرض ثالث هو تأثير طريقة زراعة المحصول ، كزراعة القطن بالطريقة العادية ، وبطريقة المضرب القمعى مثلا فنحصل من التجربة على أى الطريقتين أوفر غلة ، وفى نفس الوقت نتبين الكمية المناسبة فى كل من السمادين الأزوتى الفوسفاتى مجتمعين وكل على حدة ، وهكذا تتيح لنا التجربة المركبة عدة فوائد مجتمعة ولكن يجب التنبيه إلى ما يلزم لمثل هذه التجربة من زيادة فى العناية والدقة عند تصميمها وتوزيع معاملاتها ومكرراتها وتحليل أرقامها واستخلاص نتائجها .

وأنسب طريقة لتصميم التجارب المركبة هى طريقة المجموعات العشوائية التى تقدم الكلام عنها ، وذلك بسبب تعدد معاملات التجربة ، وكثرة عدد قطعها تبعا لذلك .

فإذا رمزنا لمجموعة معدلات التسميد الأزوتى منفرداً بحرف « ا » ومجتمعاً مع التسميد الفوسفاتى بحرف « ب » فى طريقة الزراعة العادية للقطن وبحرف « ه » و « ى » على التوالى فى طريقة الزراعة بالمضرب القمعى ، فإن مقابلة أرقام المجموعة « ا » بأرقام المجموعة « ب » يبين لنا أثر الفوسفات فى مقدار المحصول سواء أكان على حدة أم مضافا إلى الأزوت ، وأما مقابلة أرقام المجموعة « ا » بأرقام المجموعه « ه » فإنه يبين لنا مزية إحدى طريقتى الزراعة على الأخرى بالنسبة للسماد الأزوتى بينما مقابلة أرقام المجموعة « ب » بأرقام المجموعة « ى » تبين هذه المزية بالنسبة للتسميد الفوسفاتى وهكذا بالنسبة لسائر أغراض التجارب المركبة .