ومن تتبع النتائج الموضحة في جدول (٣-١٢) نستطيع ان نقرر ان منحني استجابة صفة كمية حاصل الذرة الصفراء لمعدلات التسميد النيتروجيني يعكس علاقة خطية وذلك في حدود مدى المستويات التي تم استخدامها في هذه الدراسة .

٢- الأختبارات المقترحة بعد اجراء التجربة

Tests Suggested after Experimentation

ان اجراء اختبار F في جدول تحليل التباين يعكس اختباراً عاماً للاختلافات الموجودة بين مجموعة من المعاملات . فاذا ثبت عدم معنوية قيمة F المحسوبة لاختبار تباين المعاملات فان المقارنات المستقلة التي حددت قبل بدء التجربة فقط هي التي يجب اجراؤها عادة .

أما إذا وجد اختبار F معنوياً ، فإننا نستطيع أن نقرر بأن متوسطات المعاملات تختلف فيما بينها اختلافاً معنوياً ، الا أن السؤال الذي سيبرز حتماً في هذه الحالة .. أي المعاملات تختلف عن الأخرى ؟ وللاجابة على هذا السؤال نستطيع ان نجري اي من طرق مقارنة متوسطات المعاملات التالية :

أ- مقارنة جميع متوسطات المعاملات بمتوسط معاملة المقارنة (طريقة Dunnett) .

ب- المقارنات المتعددة ، وهذه يمكن اجراءها باتباع اي من طرق الاختبار التي منها :

١- أختبار أقل فرق معنوي L.S.D. (Least Significant Difference Test)

٢- اختبار Tukey (Tukey's Procedure)

٣- اختبار Scheffe (Scheffe's Test)

٤- أختبار Duncan (Duncan's Multiple Range Test)

٥- أختبار Newman - Keul (Newman - Keul's Test)

٦- اختبار L.S.D المعدل (Revised L.S.D. Test)

أ طريقة Dunnett لمقارنة جميع المتوسطات بمتوسط معاملة المقارنة :

ويمكن تتبع هذه الطريقة ، اذا ماافترضنا وجود مجموعة من متوسطات المعاملات عددها (م) مثلاً بالاضافة الى متوسط معاملة المقارنة والتي تسميها الكنترول Control ، فإننا على ذلك نستطيع اجراء عدد (م) من المقارنات ، وتكون مجموعة المقارنات هذه-والتي هي عبارة عن مقارنة الكنترول ضد كل من متوسطات المعاملات الأخرى - مجموعة مقارنات غير مستقلة . وقد تجرى المقارنات على أساس الأحتمال في اتجاه واحد او في اتجاهين (One tailed or two-tailed) وعموما يمكن تلخيص خطوات هذه الطريقة فيما يلي :

١ – نحسب اولاً قيمة الخطأ القياسي للفرق بين متوسطي أي معاملتين

$$\left(S(\bar{y}_{i.} - \bar{y}_{i.}') = \sqrt{\frac{2MSe}{r}} \right)$$

٢ – نستخرج قيمة t من جدول Dunnett's t (بمعرفة عدد متوسطات المعاملات ومستوى المعنوية المطلوب واتجاه المقارنة) الموجود بالجداول الملحقة بآخر الكتاب (جدول ٣).

٣ – نحسب قيمة الفرق المعنوي D ، وذلك بضرب القيمتين السابقتين في بعضهما :

$$D = S(\bar{y}_{i.} - \bar{y}_{i.}') \times \text{Dunnett's t}$$

٤ – نحسب الفروق بين متوسط معاملة المقارنة ومتوسط كل من المعاملات الأخرى . ثم نقارن هذه الفروق بالقيمة المقدرة D .

ولقد ذكر بعض الباحثين أن طريقة Dunnett هذه من الممكن اجراؤها بصرف النظر عن نتيجة الاختبار العام F

مثال محلول : Example

اجريت دراسة لمقارنة ستة اصناف برسيم (ست معاملات) واعتبر الصنف الاول كصنف قياسي (معاملة المقارنة او الكنترول) ، وقدرت كمية النيتروجين في المادة الجافة ، وسجلت البيانات الموضحة في الجدول (٣ – ١٣) .

جدول (٣–١٣) . كمية النيتروجين بالملجرام في المادة الجافة لستة اصناف من البرسيم . الصنف (١) هو صنف المقارنة (كنترول)

Cultivar (t_i)	Nitrogen Content(mg) y_{ij}					$Y_{i.}$	$\bar{y}_{i.}$
1	22.3	18.4	20.9	20.6	18.8	101.0	20.20
2	34.5	33.6	20.9	34.1	28.5	151.6	30.30
3	19.2	26.3	29.4	26.7	25.8	127.4	25.48
4	17.3	13.4	10.6	20.9	18.5	80.7	16.14
5	22.2	22.5	22.0	20.1	20.3	107.1	21.42
6	13.1	13.3	15.9	15.8	15.7	73.8	14.76
						$Y_{..} = 641.6$	

ثم حللت البيانات ولخصت في جدول تحليل التباين الموضح في جدول (٣– ١٤)

جدول (٣ – ١٤) . جدول تحليل التباين للبيانات المسجلة في جدول (٣ – ١٣) .

S.O.V	d.f	SS	MS	F
Treatments	5	847.05	169.41	14.37**
Error	24	282.93	11.79	
Total	29	1129.98		

فاذا ما قررنا اجراء المقارنات بين المتوسطات باتباع طريقة Dunnett وذلك عند مستوى معنوية ٠,٠٥ ($\alpha = 0.05$) وجعل المقارنات على اساس الاتجاهين (two-tailed) فاننا نحسب قيمة الفرق المعنوي D كما يلي :

$$D = S(\bar{y}_{i.} - y_{i.}') \quad x \quad \text{Dunnett's } t$$

ونحصل على قيمة t هذه من جداول خاصة اعدها Dunnett وموجودة بالملاحق (جدول ٣) عند مستوى 0.05 ودرجات حرية الخطأ وهي 24

$$\therefore D = \sqrt{\frac{2Mse}{r}} \times \text{Dannetts't}_{(0.05),\,24}$$

$$= \sqrt{\frac{2(11.79)}{5}} \text{ X } 2.76 = 5.99 \text{ mg}$$

نقارن بعد ذلك هذه القيمة المقدرة للفرق المعنوي بالفروقات المحسوبة بين متوسط كل من الاصناف 2 الى 6 و متوسط الصنف الاول القياسي (1) والموجودة في الجدول (٣ – ١٥) .

جدول (٣ – ١٥) . متوسطات الاصناف (المعاملات) 2 – 6 والفروق بينها وبين الصنف الاول (الكنترول) .

$t_{i.}$	$\bar{y}_{i.}$	$\bar{y}_{i.}$ – Control mean (20.20)
2	30.30	10.10*
3	25.48	5.28
4	16.14	–4.06
5	21.92	1.72
6	14.76	–5.44

وبمقارنة الفروقات المسجلة في العمود الاخير من الجدول (٣-١٥) بالقيمة التي قدرت للفرق المعنوي ، نجد ان الفرق الوحيد الذي يمكن اعتباره فرقا معنويا او حقيقيا هو الفرق الذي ظهر بين الصنف الثاني وصنف المقارنة (الصنف الاول) .

ب- المقارنات المتعددة بين المتوسطات Multiple Comparisons

هناك العديد من الاختبارات التي تجرى لمقارنة متوسطات المعاملات ببعضها ، اي للحكم على معنوية الفروق بين متوسط اي معاملة ومتوسط اي معاملة اخرى . ومن الواضح انه اذا كان عدد المعاملات في التجربة هو t ، فان عدد الفروق الممكنة بين جميع ازواج المعاملات والتي يجري اختبارها (اي عدد المقارنات الممكنة بين جميع المتوسطات) يكون $t(t-1)/2$

وتختلف هذه الأختبارات فيما بينها في طريقة اجرائها ، وعلى ما اذا كانت تعتمد في مقارنة الفروق بين متوسطات ازواج المعاملات على قيمة احصائية واحدة أم على قيم عديدة متغيرة تبعا لعدد المتوسطات الداخلة في مجال المقارنة ، كما تختلف هذه الطرق كذلك في مدى دقتها وحقيقة مستوى معنويتها عند تطبيقها ، وغير ذلك من المميزات واوجه القصور الخاصة بكل منها . وعموما فاننا سنستعرض فيما يلي اهم هذه الاختبارات موضحين طريقة الاجراء ومشيرين الى الميزات واهم العيوب .

١- اختبار اقل فرق معنوي Least Significant Differences Test

ويسمى اختبار L.S.D او اختبار t وذلك لأن اختبار الفرق بين متوسطي معاملتين يتم بالاستعانة باختبار t ، ويتم حساب قيمة t للفرق بين متوسطي اي معاملتين (بافتراض تساوي r اي عدد التكرارات في جميع المعاملات) باستخدام المعادله :

$$t = \frac{\bar{y}_{i\cdot} - \bar{y}'_{i\cdot}}{S_{(\bar{y}i\cdot - \bar{y}'i\cdot)}} = \frac{\bar{y}_{i\cdot} - \bar{y}'_{i\cdot}}{\sqrt{\frac{2MSe}{r}}}$$

ويعتبر الفرق بين متوسطي المعاملتين $(\bar{y}_i - \bar{y}'_i)$ معنويا اذا وجدت قيمة t المحسوبة مساوية او اكبر من قيمة t الجدولية اي التي نحصل عليها من جدول توزيع t بمعرفة مستوى المعنوية المطلوب ودرجات حرية الخطأ (اي درجات الحرية الخاصة بتباين الخطأ Mse في جدول تحليل التباين) .

وعلى ذلك فمن الممكن اعتبار ان اقل فرق معنوي L.S.D. عند مستوى معنوية 0.05 هو:

$$L.S.D_{(0.05)} = t_{(0.05)} \times S_{(\bar{y}i - \bar{y}i')}$$

$$= t_{(0.05)} \times \sqrt{\frac{2Mse}{r}}$$

$$= \sqrt{2} \times t_{(0.05)} \times \sqrt{\frac{Mse}{r}}$$

$$= (1.414) \quad (t_{(0.05)}) \quad S_{\bar{y}i.}$$

وعند مستوى معنوية 0.01 فان اقل فرق معنوي يساوي :

$$L.S.D_{(0.01)} = (1.414)(t_{(0.01)})(S_{\bar{y}i.})$$

فاذا وجد الفرق بين متوسطي المعاملتين $(\bar{y}_{i.} - \bar{y}_{i'.})$ مساويا او اكبر من قيمة L.S.D المحسوبة ، فان هذا الفرق يعتبر معنويا ، اما اذا قل الفرق عن تلك القيمة فيعتبر غير معنوي .

وعلى ذلك فيمكن تلخيص خطوات اجراء هذا الاختبار في الخطوات التالية :

١ – تقدير قيمة الخطأ القياسي لمتوسط اي معاملة :

$$S_{\bar{y}i.} = \sqrt{\frac{Mse}{r}}$$

٢– استخراج قيمة t من جداول توزيع t الموجود في الملاحق في آخر الكتاب . (جدول ١) وذلك بمعرفة مستوى معنوية الاختبار ودرجات حرية الخطأ (من جدول تحليل التباين) .

٣– حساب قيمة اقل فرق معنوي :

$$L.S.D = (1.414)(t)(S_{\bar{y}i.})$$

٤– تقارن الفروق بين ازواج المتوسطات بقيمة L.S.D لتحديد معنوية الفروق من عدمه .

وان اختبار اقل فرق معنوي لمن اكثر طرق اختبار المتوسطات استخداما وانتشارا بين الكثير من الباحثين ، ويرجع ذلك اساسا لسهولة اجرائه ولعدم ادراك الكثير منهم لبعض قصور هذه الطريقة واهم القصور يكمن في ان استخدام هذا الاختبار لا يعتبر صحيحا الا في

حالة مقارنة معاملتين فقط ، اي ان استخدام هذه الطريقة لاختبار المعنوية يكون صحيحا عندما تشتمل التجربة على معاملتين فقط ، اما اذا استخدمت لمقارنة جميع الفروق الممكنة بين المتوسطات في تجربة تضم ثلاث معاملات او اكثر فان بعض الفروق قد تقرر معنويتها بطريقة خاطئة اي ان الاختبار يثبت انها معنوية في الوقت الذي تكون فيه حقيقة غير معنوية عند مستوى المعنوية الذي تحدد للاختبار . ويرجع السبب في ذلك الى ان مستوى المعنوية (وهو احتمال الوقوع في خطأ من النوع الاول) المرتبط بالاختبار لا يكون صحيحا الا اذا تمت المقارنات بين ازواج المعاملات التي تختار بطريقة عشوائية ، ولكنه في معظم الحالات وفي اغلب التجارب لا تكون المقارنات عشوائية وهذا يؤدي الى رفع مستوى المعنوية تلقائيا ، ويزداد هذا الارتفاع بازدياد عدد المعاملات وخاصة عند مقارنة المتوسطات المتطرفة بعد ترتيب مجموعة من المتوسطات تصاعديا او تنازليا تبعا لقيمها . فاذا كان مستوى المعنوية الذي تحدد لاجراء هذا الاختبار هو 0·05 في تجربة تضم خمس معاملات فلقد وجد بانه في حالة مقارنة اعلى متوسط باقل متوسط فان مستوى المعنوية يرتفع تلقائيا من 0·05 الى 0·27 ، اما اذا كانت التجربة تضم عشر معاملات فان الارتفاع في مستوى المعنوية يصل الى 0·59 وهكذا ترتفع درجة الخطأ في اتخاذ القرارات ، وهو امر فعلا خطير .

وعلى ذلك فلكي يمكن تلافي قصور هذه الطريقة او على الاقل التقليل منها – فينصح بان تستخدم هذه الطريقة فقط في حالة التجارب التي تضم معاملتين اما اذا وجد اكثر من معاملتين فلا تستخدم هذه الطريقة الا في حالة مقارنات ازواج معاملات معينة ومستقلة تختار عشوائيا وتحدد قبل اجراء التجربة ، ولكن لا يصح استخدامها لمقارنة جميع الفروق الممكنة بين جميع المتوسطات كما نلاحظ في كثير من البحوث المنشورة ، وربما يمكن استخدام هذه الطريقة في التجارب الاولية .

ولابد لنا ان نشير كذلك الى ان فيشر Fisher الذي اقترح هذا الاختبار قد اكد على عدم امكانية استخدام اختبار L.S.D اذا ثبتت عدم معنوية اختبار F .

هذا ويجدر الاشارة بان هناك بحثاً منشوراً في مجلة Agronomy Journal (Vol. 63 : 940 - 945. 1971) ينصح باستعمال هذا الاختبار بعد ان تمت مقارنته فعليا بالاختبارات الاخرى .

مثال محلول : Example

في احدى تجارب تغذية الحيوان لمقارنة تأثير خمسة انواع من العلائق على معدل الزيادة في الوزن ، اعطيت لخمسة عجول صغيرة بطريقة عشوائية ، وبعد فترة محددة وزنت العجول وسجلت الزيادة في وزن كل حيوان فكانت كما هو مبين في جدول (٣-١٦).

جدول (٣-١٦) . معدل الزيادة في اوزان الحيوانات في تجربة تغذية استخدمت فيها خمسة انواع من العلائق واعطيت كل منها لخمسة عجول صغيرة عشوائيا .

Ration (t_i)	Waight gain (kgs) y_{ij}	$y_{i.}$	$\bar{y}_{i.}$
1	6 8 7 5 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
		$Y_{..} = 182$	$\bar{y}_{..} = 7.28$

وبعد تحليل بيانات هذه التجربة لخصت نتائج التحليل في جدول التباين الموضح في جدول (٣ - ١٧) .

جدول (٣-١٧) . جدول تحليل التباين لبيانات تجربة تغذية الحيوان المسجلة في جدول (٣-١٦) .

S.O.V.	d.f	S.S	M.S	F
Treatments	4	79.44	19.86	6.90**
Error	20	57.60	2.88	
Total	24	137.04		

ولكي يمكن لنا أختبار بعض الفروق بين متوسطات المعاملات نقوم بحساب قيمة أقل فرق معنوي ولكن عند مستوى معنوية 0·05 باتباع الخطوات السابقة وكما يلي :

$$L.S.D_{(0\cdot05)} = \sqrt{2}\,(t_{(0\cdot05),20})\left(\sqrt{\frac{Mse}{r}}\right)$$

$$= \sqrt{2}\,(2.086)\left(\sqrt{\frac{2.88}{5}}\right)$$

$$= (1.414)(2.086)(0.759)$$

$$= 2.239$$

فإذا اختلف متوسطي المعاملتين المراد مقارنتهما بقيمة تساوي أو اكبر من 2.239 كغم فنقال أن المعاملتين تختلفان في تأثيرهما على معدل الزيادة في اوزان العجول أختلافاً معنوياً عند مستوى المعنوية (0.05).ومعنى ذلك ان اختلافاً مقداره 2.239 كغم أو أكثر بين هذين المتوسطين لايمكن أن يحدث في أكثر من 0.05 مرة كنتيجة للصدفة البحته واننا متأكدون بنسبة 95% بأن المتوسطين يمثلان عينات لمجتمعين لهما متوسطين مختلفين فعلاً كنتيجة لتأثير المعاملتين ، وعلى سبيل المثال فإن الفرق بين المعاملتين t_1 و t_2 (وهو 2.6) هوفرق معنوي ، في حين ان الفرق بين متوسطي المعاملتين t_4 و t_3 (وهو 1.2) هو فرق غير معنوي اي ان المعاملتين الاخيرتين لاتختلفان في تأثيرهما اختلافا معنوياً .

٢- أختبار Tukey's Procedure: Tukey

في هذا الاختبار تستخدم ايضاً قيمة احصائية واحدة لاختبار الفروق بين متوسطات المعاملات وتسمى هذه القيمة الفرق المعنوي الامين Honest Significaut Difference ويرمز لها H.S.D وتحسب هذه القيمة كما يلي :

$$H.S.D. = S_{\bar{y}i}.x\ Q_t$$

وخطوات اجراء هذا الأختبار تتلخص فيما يلي :

١- تقدير قيمة الخطأ القياسي لأي معاملة :

$$S_{\bar{y}i}. = \sqrt{\frac{Mse}{r}}$$

٢- استخراج قيمة Qt من جدول توزيع Q عند مستوى المعنوية المطلوب للاختبار ، وبمعرفة عدد المعاملات في التجربة t ودرجات حرية الخطأ التجريبي .

٣- تحسب قيمة H.S.D بضرب القيمتين السابقتين .

٤- تقارن الفروق بين ازواج المتوسطات بقيمة H.S.D لتقرير معنويتها من عدمه .

ففي مثالنا السابق الخاص بمقارنة تأثير العلائق الخمسة والمسجلة بياناتها في جدول (٢ -١٦) ، وجدنا أن قيمة $S_{\bar{y}i}.$ تساوي 0.759 ، وبالرجوع الى جدول توزيع Q (عند مستوى 0.05 مثلاً) الموجود ضمن ملاحق الكتاب (جدول) نجد أن قيمة Q_6 (أي قيمة Q في حالة ست معاملات) وعند درجات حرية 20 (وهي درجات حرية الخطأ) نجدها تساوي 4.45 وعلى ذلك فإن قيمة H.S.D تساوي :

$$H.S.D_{(0.05)} = S_{\bar{y}i}.x\ Q_{6<}$$

$$= (0.759)(4.45) = 3.38 \quad kgs.$$