التربية الداخلية

و

قـــــوة الهجـــــين

حساب قوة الهجين و اختبار معنوياتها

(1) فى حالة Diallel crosses (الهجن التبادلية) أو Diallel + الصنف التجارى

أ- بالنسبة لمتوسط الأبوين :-

$$H\ \% = \frac{F1-MP}{MP} \times 100$$

حيث أن MP متوسط الأبوين

و F_1 متوسط الجيل الأول

$$\text{Deviation of heterosis} = F_1 - MP$$

ب- بالنسبة لأحسن الابوين

$$H\ \% = \frac{F1-BP}{BP} \times 100$$

حيث أن BP الأب الأحسن

و F_1 متوسط الجيل الأول

$$\text{Deviation of heterosis} = F_1 - BP$$

ج- بالنسبة للصنف التجارى (الثابت) Constant or check

$$H\ \% = \frac{F_1 - \text{average of check var.}}{\text{average of check var.}} \times 100$$

$$\text{Deviation of heterosis} = F_1 - \text{average of check variety}$$

المثال التالى يوضح طريقة حساب معنوية قوة الهجين
فى دراسة لمحصول النبات الفردى فى الفول البلدى باستخدام الهجن التبادلية بين 5 سلالات كانت بيانات تحليل التباين كما بالجدول :

C.V	d.f	M.S. (F1)	M.S.(F2)
R	2	89.7	51.9
G.	14	2073.4	963.1
P1	4	2011.0	2011.0
C.	9	2085.3	598.9
P v SC	1	2224.1	49.0
Error	28	58.8	59.6

كما يبين الجدول التالى متوسط محصول النبات الفردى و انحرافة عن ال H%, BP, MP لكل من F1, F2 و كذلك الـ I.D لكافة الهجن .

علماً بأن متوسط الاب الاول 12.10الثانى 63.33 الثالث69.27الرابع 55.90 الخامس 78.90

Cross	F1	F2	MP	d	H%	d	RH%	d	H%	d	H%	d	I.D.%
1×2	44.30	46.76	37.71	6.59	17.50	9.10	23.90	-19.0	-30.05		-26.1	-2.5	-5.6
×3	44.83	43.86	40.68	-1.91	-4.10	-2.90	-6.16	-24.4	-35.40		-36.7	0.97	2.2
×4	40.67	41.13	34.00	-6.67	19.60	7.10	20.90	-15.2	-27.20		-39.2	-0.46	-1.1
×5	35.13	38.70	45.50	10.03	-22.0	-6.80	-14.90		-53.0		-51.0	-3.23	-9.1
2×3	96.13	71.87	66.30	29.83	44.99	5.60	8.40		38.7		3.8	24.26	25.2
×4	75.80	69.57	59.60	16.20	27.18	9.90	16.70		19.8		9.9		8.2
×5	84.87	69.87	71.10	13.77	19.37	-1.23	-1.73		7.6		-11.4		
3×4	92.46	69.30	62.59	29.80	47.74	6.70	10.70		33.5		0.0		
×5	100.90	69.50	74.10	26.80	36.10	-4.60	-6.20		27.9		-7.7		
4×5	92.73	57.27	67.40	25.30	37.60	-10.13	-15.20		17.5		-27.4		

بحساب القيم بالنسبة للهجين الاول

$$M.P = \frac{12.1+63.33}{2} = 37.71$$

Deviation of F1 than MP = 44.3 – 37.71 = 6.59

$$H\ \% = \frac{6.59}{37.71} \times 100 = 17.5\ \%$$

Deviation of F2 than MP = 46.76 – 37.71 = 9.1

$$H\ \% = \frac{9.1}{37.71} \times 100 = 23.9\ \%$$

Deviation of F1 than BP = 44.3 – 63.33 = -19.0

$$H\ \% = \frac{-19.0}{63.33} \times 100 = -30.05\ \%$$

Deviation of F2 than BP = 46.76 – 63.33 = -16.57

$$H\ \% = \frac{-16.57}{63.33} \times 100 = -26.16\ \%$$

Deviation for I.D = 44.3 – 46.76= -2.46

$$H\ \% = \frac{-2.46}{44.3} \times 100 = -5.56\ \%$$

وهكذا بالنسبة لباقى الهجن .

و يمكن حساب معنوية قوه الهجين كالاتى :

1 - بالنسبة لمتوسط الأبوين

$$\text{L.S.D. for mid parent heterosis} = t.\sqrt{\frac{3MSE}{2r}}$$

و قيمة t = 2.05 عند 5% ، 2.76 عند 1 % عند درجات حرية الخطأ 28 درجة والـ r عدد المكررات ، MSE متوسط مربعات الخطأ .

F_1

$$LS_{-0.05} \text{ for MP} = 2.05\sqrt{\frac{3\times58.8}{2\times3}} = 11.11$$

$$LSD_{0.01} \text{ for MP} = 2.76\sqrt{\frac{3\times58.8}{2\times3}} = 14.97$$

F_2

$$LSD_{0.05} \text{ for MP} = 2.05\sqrt{\frac{3\times59.6}{2\times3}} = 11.19$$

$$LSD_{0.01} \text{ for MP} = 2.76\sqrt{\frac{3\times59.6}{2\times3}} = 15.06$$

2 – بالنسبة للأب الأحسن

$$\text{L.S.D. for BP heterosis} = t.\sqrt{\frac{2MSE}{r}}$$

F_1

$$LSD_{0.05} \text{ for BP} = 2.05\sqrt{\frac{2\times58.8}{3}} = 12.83$$

$$LSD_{0.01} \text{ for BP} = 2.76\sqrt{\frac{2\times58.8}{-}} = 17.28$$

F_2

$$LSD_{0.05} \text{ for BP} = 2.05\sqrt{\frac{2\times58.8}{3}} = 12.42$$

$$LSD_{0.01} \text{ for BP} = 2.76\sqrt{\frac{2\times58.8}{3}}\ 17.39$$

يكون الفرق معنوياً إذا كان الـ deviation أكبر من أقل فرق معنوى LSD عند احتمال 0.05 أو 0.01 بالنسبة للـ MP أو BP (أو الصنف التجارى)

3 – معنوية انحراف F2 عن الـ F1 (I.D)

فى هذه الحالة نستخدم المعادلة البسيطة لـ t لاستخراج الانحراف القياسي

$$S^{-}d = \sqrt{\frac{MSEF1}{r} + \frac{MSEF2}{r}}$$

$$= \sqrt{\frac{58.8}{3} + \frac{59.6}{3}} = 6.28$$

$$t = \frac{d}{Sd} = \frac{F1-F2}{Sd}$$

اذا كانت t المحسوبة اكبر من الجدولية عند درجات حرية الخطأ يكون الفرق معنوياً.

- فى حالة six populations كما فى الجدول التالى نجد ان بيانات عدد النباتات المدروسة- المتوسط- التباين – متوسط التباين S^2x – C.V. لكل صفة .

فى هذه الحالة يتم حساب قوة الهجين كما سبق :

$$H\ \% = \frac{F1-MP}{MP} \times 100$$

$$I.D = \frac{F1-F2}{F1} \times 100$$

و حساب المعنوية كما فى المثال التالى (عدد القرون بالنبات)

Cross	P_1	P_2	F_1	F_2	Bc_1	Bc_2
No	40	40	40	400	160	170
X	24.2	20.1	28.9	26.17	26.12	22.31
S^2	22.3	15.9	16.0	199.76	138.12	124.31
S^2 x	0.56	0.39	0.40	0.50	0.86	0.73
C.V	19.51	19.84	13.84	54.01	44.99	49.99
No	40	40	40	400	160	170
X	19.91	15.5	25.4	22.3	20.31	23.21
S^2	12.1	11.6	13.11	130.1	108.1	80.41
S^2 x	0.30	0.29	0.33	0.33	0.68	0.47

C.V	17.48	21.97	14.26	51.15	51.19	38.63

بالنسبة للهجين الأول:

$$M.P = \frac{24.2 + 20.1}{2} = 22.2$$

Deviation of heterosis = F_1 – MP

= 28.9 – 22.2 = 6.7

$$H\ \% = \frac{6.7}{22.2} \times 100 = 30.18$$

$$SE = \sqrt{VF1 + \frac{1}{4}VP1 + \frac{1}{4}VP2}$$

$$= \sqrt{0.4 + \frac{1}{4}(O.56) + \frac{1}{4}(0.39)} = 0.798$$

$$LSD_{0.05} = 1.96 \times 0.798 = 1.56$$

$$LSD_{0.01} = 2.57 \times 0.798 = 2.05$$

بمقارنة L.S.D. مع الانحرافات نجد أن الانحراف 6.7 اكبر من L.S.D مما يدل على ان قيمة قوة الهجين معنوية على مستوى 1 % .

$$M.P = \frac{19.91 + 15.5}{2} = 17.705$$

Deviation = 25.4 – 17.70 = 7.7

$$H\ \% = \frac{7.7}{17.70} \times 100 = 43.5$$

$$SE = \sqrt{VF1 + \frac{1}{4}VP1 + \frac{1}{4}VP2}$$

$$= \sqrt{0.33 + \frac{1}{4}(O.29) + \frac{1}{4}(0.3)} = 0.69$$

$$LSD_{0.05} = 1.96 \times 0.69 = 1.35$$

$$LSD_{0.01} = 2.57 \times 0.69 = 1.89$$

اقل فرق معنوى اقل من الفرق deviation 7.7 مما يدل على ان قوة الهجين معنوية عند 1%

قوة الهجين
Heterosis or Hybrid vigour

عندما تتزاوج سلالتان من سلالات التربية الداخلية متباعدتين وراثياً مع بعضهما فأن البذرة الهجينيه الناتجة تعطى نباتات غالباً ما تكون قوية و ذات إنتاجية عالية وذات تحمل أكبر و ارتفاع أطول مما فى كل من الأبوين وهذا الامتياز عن الأباء يطلق علية قوة الهجين ويمكن تعريفة كالأتي :-

عبارة عن القوة المتزايدة و التفوق فى النمو و المحصول و العمليات الفسيولوجية للنبات الهجين اذا ما قورن بالأبوين .

ويلاحظ ان التهجين يعطى قوة هجين بينما التربية الداخلية لنبات خلطى التلقيح تعطى سلالات التربية الداخلية التى تكون فى الغالب اضعف انتاجية من الصنف الناتج عنة و يطلق على هذا الانخفاض الراجع للتربية الداخلية اصطلاح انخفاض القوة أو التدهور الراجع للتربية الداخلية Inbreeding depression.

أى انة يمكن القول بأن التهجين وما يصحبة من قوة هجين يكون عكس التدهور الراجع للتربية الداخلية .

ظاهرة قوة الهجين ليست حديثة الاكتشاف ولكن عرفها المربون منذ أهتدوا الى اجراء التهجين فمثلاً كان Kolreuter على علم بحدوثها فى النبات منذ 1763م وكذلك Mendel لاحظها 1865م عندما أجرى التهجينات بين نباتات البسلة و قد أستنتج Darwin 1865م أن التربية الداخلية فى النبات تؤدى لفقد القوة بينما التهجين يؤدى الى احراز القوة. وأكثر من ذلك فقد رأى ان قوة الهجين لا تنتج من مجرد التهجين و إنما من اجتماع المادة الوراثية الغير متشابهة Unlike germplasms وقد صاغ العالم Shull لفظ Heterosis لأول مره 1914 م.

وتكون قوة الهجين من طرازين:-

إيجابي أو مفيد Positive or Beneficial أو سلبي Negative أو غير مفيد.

تأثيرات قوة الهجين

لا تؤثر على كل النبات و إنما على أعضاء أو أجزاء مختلفة منة فمثلاً تؤثر على جذور نبات الجزر ودرنات البطاطا و كورمات القلقاس و السويقة الجنينية العليا فى اللفت و البنجر و الفجل والأوراق فى الكرنب و السبانخ والخس و الازهار فى القرنبيط و القرون فى البسلة و اللوبيا و الكيزان فى الذره و السنابل فى القمح و الشعير وتكون قوة الهجين فى هذه الاجزاء متمثلة بثلاث طرق :-

1- تأثيرات كمية Quantitative

حيث تكون هناك زيادة فى الحجم و العدد بالنسبة للصفات الكمية مثل المحصول و الثمار والأجزاء الخضرية وذلك نتيجة لزيادة عدد الخلايا الناتجة من سرعة الانقسام و زيادة معدل نشاطها.

2- تأثيرات بيولوجـية (حـيوية) Biological

حيث يصاحب التهجين زيادة الكفاءة البيولوجية للكائن مثل القدرة على التكاثر و القدرة على البقاء بعد موت غيره و تكون محصلة ذلك رفع قيمة الصفات الاقتصادية .

3- تأثيرات فسيولوجية Physiological

تظهر تأثيرات قوة الهجين فى عدد من الصفات الفسيولوجية مثل القدرة على التأقلم و مقاومة الأمراض و الحشرات و التبكير فى النضج و إرتفاع الخصوبة و الحيوية ومعدل إنبات البذور و زيادة عمر النبات بالإضافة الى هذه المظاهر المفيدة فقد يكون لقوة الهجين تأثير عكسى أو سلبى ولكن هذا التأثير يكون نادراً فى حالة النباتات و الحيوانات المستأنسة .

و يعتمد الحد الذى تصل الية القوة التى تظهر فى الهجين على منشأ السلالات الداخلة فى التهجين وكذلك على درجة قرابة هذه السلالات من بعضها ومما يترتب علي ذلك من قدرتها على التألف مع بعضها حيث كلما بعدت القرابة وكلما زادت الاختلافات الوراثية كلما كان مظهر قوة الهجين فى الغالب أقوى و العكس بالعكس .

ويلاحظ ان قوة الهجين لا تكون متساوية فى كل التهجينات و انما يلاحظ ان بعض الهجن تعطى تأثير طفيف بينما البعض الاخر يعطى تأثير ملموس كما لوحظ أن تأثير قوة الهجين لا يكون ثابتاً أو مستمرا و انما يتناقص فى الجيل الثانى و ما يلية .

أسباب قوة الهجين

Causes of Heterosis

يمكن إيضاح ظاهرة قوة الهجين باعتبار أنها تبنى على أسس وراثية وأخرى فسيولوجية

الأسس الوراثية Genetical Causes

وضعت عدة نظريات لتفسير ظاهرة قوة الهجين منها :

أولاً : نظرية فوق السيادة Over dominance hypothesis

أساسها أن قوة الهجين تعزى الى التفاعل بين الاليلات المختلفة لنفس العامل (أى نفس الموقع الواحد على الكروموسوم) أى انه توجد عوامل وراثية يكون التركيب الخليط لها متفوقاً على كلا التركيبين الأصليين فإذا كانت الصفة كمية و يتحكم فيها عديد من العوامل فأننا نتصور أن قوة الهجين تزداد بزيادة كمية الخلط و التفاعل بين اليلى الموقع الواحد يأخذ احدى الصور الاربعة:

1- التأثير الاضافى للاليلات:

اذا تصورنا ان كل من الاليلين يقوم بوظيفة مختلفة أو يؤدى الى تكوين ناتج مختلف فأن التركيب الخليط سوف يكون قادر على ان يقوم بالوظيفتين معا و المثال على ذلك ما وجد فى الذره بالنسبة لسلسلة الاليلات التى تعطى اللون الاحمر حيث تكون الافراد الخليطة اكثر صبغة من كلا الابوين

$$R_1R_1 \times R_2R_2$$

$$\downarrow$$

كذلك حالة مجاميع الدم فى الا R_1R_2 (أكثر صبغة) ؛ تنتج انتى جينات مختلفة كما وجد جوستافون Gustafson ان هناك على الاقل حالتين تنتج فيها النباتات الخليطة لطفرات الكلورفيل فى الشعير بذورا اكثر فى العدد و اكثر فى الحجم عن النباتات الاصلية العادية .
كما وجد Flor فى الكتان ان النباتات التى تركيبها M_1M_1 تكون مقاومة للسلالة رقم (1) من الفطر المسبب لمرض الصدأ بينما تكون النباتات التى تركيبها M_2M_2 مقاومة للسلالة رقم (2) له أما الهجين بينهما فيكون مقاوم لكلا السلالتين 1 ، 2 من الفطر M_1M_2 .

2- الممرات التخليقية البديلة
ومن أحسن الأمثلة على ذلك هو الأليلات التى تتحكم فى الحساسية لدرجات الحرارة فى النبات والحيوان ولإيضاح ذلك :
افترض ان الاليل P1 ينتج صبغة حمراء بأكبر كمية عند 8°ف و ان الاليل P2 ينتج نفس الصبغة بأكبر كمية عند 8°ف ففى غياب السيادة فأن التركيب P1P2 له القدرة على استعمال كلا الممرين الكيميائيين Both pathways وبالتالى فأنه ينتج كمية كبيره عند درجة الحرارة المنخفضة و كذلك عند درجات الحرارة المرتفعة و ربما يفسر هذا مقدرة التراكيب الخليطة على مقاومة التغييرات فى الظروف البيئية وذلك بجعل عمليات التمثيل الغذائى ثابتة برغم هذه التغيرات أى اكثر مرونة More homestatic .

3- مبدأ الكميات المثلى Optimal amount concept
يفترض هذا التفسير ان التركيب الاصيل لأحد الاليلات ينتج كمية قليلة من مادة معينة بينما التركيب الاصيل للاليل الاخر ينتج كثيراً منها اما التركيب الخليط فأنه كمية مثالية بالنسبة للكائن الحى فقد وجد فى Drosophila

d / d No active alleles – lethal
d / + One active allele – heterotic
(Optimal amount)
+ / + Two active alleles – wild

4- المواد الهجنية Hybrid substances
من الممكن توضيح ذلك بفرض أن التركيب الاصيل a_1a_1 ينتج مادة X بينما التركيب a_2a_2 فينتج مادة هجنية Z و بالرغم من ان هناك عدة أمثلة لهذه المواد الهجنية إلا ان ربطها بالـ One gene heterosis يعتبر صعب عذا و قد أفترض وجود هذه المواد الهجنية أولاً بواسطة Cloe , Irwin حيث عند تهجين صنفى من الحمام :

Peralneck dove × Ring dove

Antigenic substances

وجد أن الهجين يحتوى تقريباً على كل المواد الهجنية الموجودة فى الأبوين بالاضافة الى واحد أو أكثر منها لا توجد فى أى من الابوين .

ثانياً : نظرية السيادة The dominance hypothesis

افترضت بواسطة Davenporf 1908م ، Bruce 1910م ، Keeble&Pellew 1910م وتبنى هذه النظرية أساسا على تأثير عوامل سائدة مفيدة dominance- favorable genes حيث يفترض هناك أن الأنواع خلطيه الإخصاب تتكون من عدد كثير من الأفراد لها تراكيب وراثية مختلفة و إن أغلب هذه الأفراد تحمل أليلات متنحية ضاره مختبئة تحت ستار الخلط heterozygosity و التى تعزل بالتربية الداخلية نظراً لازدياد الأصالة بهذه العملية و بعض السلالات يصل اليها عدد اكثر من الجينات المرغوبة اذا قورنت بالاخرى و هذا يفسر الاختلافات المشاهدة فى درجة التربية فى السلالات المختلفة .

و بناء على هذه النظرية فأن تهجين الـ Inbred lines يؤدى الى تكوين هجن تختفى فيها الاليلات المتنحية الضارة بواسطة اليلات سائدة قادمة من الاب الأخر و تتوقف درجة الاستجابة للتهجين على التركيب الوراثى للسلالات حيث ان بعض التراكيب الوراثية تكمل بعضها بدرجة جيدة اكثر من غيرها ويمكن توضيح النظرية كالاتى :

AA bb CC dd × aa BB cc DD
2 1 2 1 1 2 1 2
6 6

و هنا يفترض ان الاباء أصيلة لاليلات أربعة عوامل وراثية و أن الهجين أصبح خليطاً عند الأربع عوامل كلها .. و فى حالة السيادة فانة من المتوقع ان يكون الهجين أحسن من الأبوين لأننا لو أفترضنا ان التركيب المتنحى xx يقدم وحدة واحدة و ان التركيب السائد XX, XX يقدم وحدتان و على ذلك فأن هذا التهجين يمكن تمثيلة كما يلى :

6 ×6
Aa Bb Cc Dd 8
2 2 2 2

وهناك أعتراضان على هذا التفسير :

1) الاعتراض الاول :

اذا كان هذا التفسير صحيحاً فأنه من الممكن أن نحصل على أفراد أصيلة لكل العوامل السائدة المفيدة عن طريق التربية الداخلية وهذه يجب ان تكون مثل الـ F1 فى قوتها بالإضافة الى ذلك فأنها سوف تكون صادقة التربية Breed True ولكن الوصول الى سلالات من هذه الافراد لم يتم الحصول علية حتى الأن بواسطة مربى النبات اى يمكن الحصول على أفراد تكون كلها ذات تركيب وراثى أصيل و سائد.

للتغلب على هذا الاعتراض قدم Jones 1917م فكرة تأثير عوامل سائدة مرتبطة ببعضها The concept of linked farorable dominant gened حيث لكى يتمشى هذا الاختلاف مع

التفسير الخاص بقوة الهجين و المبنى على اساس Dominance hypothesis فأنه افترض أن هناك جينات عديدة تؤثر على النمو و أنه يتوقع ان يحمل كرموسوم عدداً منها و على ذلك فأن أى Single linkage group تحتوى على بعض الأليلات السائدة المفيدة (+) و بعض الأليلات الغير مرغوبة المتنحية(-) .

فمثلاً يكون أحد الاباء P1 بالنسبة لمجموعه ارتباطية معينة

و يكون الاب الاخر P2 لنفس المجموعة الارتباطيـــــــة

(ليس من الضرورى ان يكون عدد (+) = عدد (-))

وفى هذه الحالة يؤدى التهجين بين الابوين الى هجين يحتوى على عدد أكبر من الجينات المرتبطة المفيدة. و يعتبر الوصول الى التركيب الأصيل السائد صعباً لانه للحصول على كل الأليلات السائدة المفيدة فى جاميطة واحدة فاننا نحتاج الى سلسلة من العبور المحكم بينهما (وهذا نادراً جداً).

وهنا لا تعتبر الـ Heterozygosity (Aa) أساسية لأظهار أقصى قوة هجين .ونظرياً فأن الافراد الاصلية بالنسبة للعوامل السائدة المرغوبة يجب أن تكون متماثلة فى القوة للأفراد الخليطة لمثل هذه العوامل .

2) الاعتراض الثانى :

لوحظ ان التوزيع فى الـ F2 يكون منتظماً Symmetrical بالنسبة للصفات التى تظهر بها صفة قوة الهجين و لكن بناء على نظرية السيادة اذا كانت قوة الهجين تعذى فقط الى سيادة عوامل تتوزع مستقلاً فأنة يتوقع ان يكون التوزيع فى F2 ملتوياً Skewed أكثر منه منتظم حيث تتوزع التراكيب المظهرية السائدة و المتنحية تبعاً لـ binomial $(\frac{3}{4} + \frac{1}{4})^n$) وقد تمكن Jones من التغلب على هذا الاعتراض على اساس ان الارتباط بين مجاميع جينات مرغوبة بأخرى غير مرغوبة يؤدى الى التوزيع المنتظم و نأخذ Dominance theory of heterosis فى الأعتبار .

None allelic gene interaction كعامل من عوامل قوة الهجين .

وربما كان اهم نوع من التفاعل بين العوامل الوراثية المختلفة None allelic interaction هو النوع الخاص بـ Complementary genes وتبعاً لهذا النوع فأنه اذا كان الاليلان a1b1 لازمان لأستكمال سلسلة كيمائيه معينة فأن التركيبان الأصيلان a2a2 b1b1,a1a1b2b2 سوف يفشلان لأكمال هذه السلسلة ولكن الهجين بين هذين التركيبين سوف يكون قادراً على استعمالهما ويمكن اعتبار ذلك كطراز من طرز قوة الهجين Form of Heterosis .

الأسس الفسيولوجية Physiological Causes

وضعت عدة نظريات لتفسير ظاهرة قوة الهجين منها :

1) نظرية نقطة البداية الكبرى Greater initial Capital

درس Ashby1930 م الصفات الفسيولوجية من سلالات الذره و الطماطم الهجين الناتجة منها وانتهى الى ان قوة الهجين ترجع الى زيادة فى حجم الجنين المبدئى و أطلق على هذه النظرية (نقطة البداية الكبرى) ونوقشت بواسطة عدد كبير من العلماء المشتغلين على هذين النباتين و قد أيده East 1936م ، Wang 1947م و أثبتوا ان الزيادة فى الاندوسبرم و الجنين تحدثان كأحدى نتائج قوة الهجين كما وجد Whaley1950 م أن هجين الذره الشامية يكون بخلاياه بروتوبلازم اكثر كفاءه كما ان المادة الخضراء الجافة بها تكون اكثر مما فى السلالات الداخلة فى التهجين .

2) نظرية التفاعل بين السيتوبلازم و النواه Cytoplasmic – nuclear reaction
أقترح Michaelis ,Shull , Lemis و أخرين ان السبب الفسيولوجى لقوة الهجين يرجع الى التفاعل الموجود بين الانظمة الموجودة فى السيتوبلازم و النواه .

3) نظرية زيادة عدد و نوع نشاط الميتوكوندريا
تعتمد هذه النظرية على فكرة ان النمو المتفوق للهجين يتطلب مزيد من الطاقة الحيوية فمن المعروف ان الطاقة المنطلقة اثر عملية التنفس تخزن فى المركب الكيماوى ATP (أدنين ثلاثى الفوسفات) الموجود فى الميتاكوندريا ثم تنطلق الطاقة فى صوره مفيدة بفعل أنزيم ATPase .
و قد دلت أبحاث Crivastva 1973م فى كل من النبات و الحيوان على أن :

ا) الميتاكوندريا الموجودة فى الهجن المتفوقة تكون ذات شكل متعدد Polymorphic وأكفاء من نظيرتها الموجودة فى الابوين .

ب) عمل خليط بنسبة 1:1 من ميتاكوندريا مأخوذة من سلالتين ليس بينهما قرابة يظهر تكاملاً عند قيامهما بعملية التنفس .

جـ) يمكن استخدام النشاط الاخير فى تقدير قوة التالف بين السلالات حيث يعتبر ذلك اختباراً كميائياً سريعاً يمكن الاعتماد علية فى التنبؤ بقوة التألف .

و قد أظهرت التجارب ان نشاط انزيم ATPase له علاقة مباشرة بظاهرة قوة الهجين حيث ان الهجين يعطى مظاهر القوة لأنة يحافظ على مستوى أعلى من الطاقة و تخزينها فى صورة ATP وكذلك مستوى أعلى من اطلاق الطاقة من ATP عن طريق نشاط انزيم ATPase مما يمكنة من النجاح فى امداد الخلايا بمزيد من الطاقة التى تحتاجها للنمو السريع و التطور .

مجالات استخدام قوة الهجين

استغلت ظاهرة قوة الهجين عملياً فى تحسين كل الطرز من المحاصيل ولكن نجمت بعض الصعوبات التى يمكن إجمالها فيما يلى :

أ) فى حالة المحاصيل الذاتية التلقيح Self pollinated crops

يتطلب الاستفادة من ظاهرة قوة الهجين على نطاق تجارى أنتاج بذرة هجين على نطاق واسع يلبى احتياجات المزارعين و فى حالة المحاصيل ذاتية التلقيح فأنه عملياً يجرى التلقيح و الخصى يدوياً وهذا يكون امراً شاقاً و مكلفاً خاصة فى الحالات التى يترتب عليها التهجين فيها الحصول على عدد قليل من البذور فى كل مره . و يؤدى ذلك الى إحجام المربيين عن انتاج أصناف هجينية من هذه المحاصيل إلا انه امكن فى بعض الحالات التغلب على هذه الصعوبة بأستنباط وسائل تسهل من عملية التهجين مثل الحصول على سلالات تحمل جينات العقم الذكرى(مثلما وجد Bick فى الطماطم)

ب) فى حالة المحاصيل خلطيه التلقيح Cross pollinated crops

استخدمت هذه الظاهرة بنجاح فى إنتاج الأصناف الهجينية إلا أن المشكلة بدت فى عدم المقدرة على المحافظة على قوة الهجين فى الاجيال التالية للجيل الأول نظراً لحدوث التلقيح الخلطى و انعزال العوامل

الوراثية و للتغلب على ذلك تقوم الشركات المنتجة للهجن بالمحافظة على سلالات الاباء سنه بعد أخرى كذلك تجرى الهجن الفردية المستخدمة فى إنتاج الهجن الزوجية التى توزع بذورها على المزارعين كل عام دون ان يسمح لهم بأكثار تقاويهم بأنفسهم حتى يتمتعوا بما تحققه قوة الجين من مزايا .

ج) فى المحاصيل التى تتكاثر خضرياً

فى هذه المحاصيل أذا امكن الحصول على هجين متميز فأنه يمكن المحافظة علية بأكثاره خضرياً ولكن الصعوبة ما تزال قائمة عند إنتاج الهجين حيث تتمثل فى ضرورة إجراء الخصى و التهجين يدوياً .

مشاكل إنتاج القطن الهجين على نطاق تجارى
و الحلول لهذه المشاكل

====

أهم مشاكل انتاج القطن الهجين على نطاق تجارى هى :-

- ارتفاع تكاليف انتاج تقاوى الهجن للأتى :

ا) زهرة القطن خنثى .

ب) عملية الخصى و التهجين ليست سهلة لصغر حجم الزهره .

جـ) عدد البذور التى تنتج من كل لوزة محدودة (15 – 20) .

و هناك حلان رئيسيان لهذه المشاكل

الحـــل الأول :-

(أ) خلط عدة سلالات مختلفة وراثياً ينتج عن تهجينها قوة الهجين و لقد أقترحت وزارة الزراعة الامريكية فى أوائل هذا القرن إنتاج القطن الهجين من النوعين G. hersutum & G. barbadence بزراعة سلالات من كل نوع متبادلة مع أستعمال نحل العسل كملقح و بهذه الطريقة يمكن الحصول على بذرة قطن هجين تصل نسبتها الى 50 % من المجموع الكلى للبذرة الناتجة من النوعين إلا أنه نظراً لان النصف الأخر من البذرة ينتج من الإخصاب الذاتى للابوين (النوعين) فانه يتسبب عن ذلك عدم تجانس نباتات الجيل الاول فى التبكير و صفات التيله و غيرها من الصفات الاخرى وهذه العقبات لم تمكن الحل المقترح من النجاح .

(ب) قارن Simpson المحصول الناتج من بذرة نقية وراثياً لسبعة أصناف من القطن الامريكى مع نفس الاصناف من بذرة ناتجة من تجربة مقارنة معرضة للتلقيح الخلطى الطبيعى فوجد ان التلقيح الخلطى قد رفع المحصول للسبع اصناف عن مثيلها الناتجة من بذور نقية وراثية بنسب تتراوح ما بين 5.7 -44.2 % بمتوسط قدره 15.5 % (زيادة فى المحصول) ونتيجة لهذه التجارب فقد أقترح الاستفادة بقوة الهجين بخلط عدة سلالات ذات قدرة كبيرة على التألف وإكثارها لعدة سنوات فى مكان منعزل ثم إكثارها تجارياً . وتتوقف كمية الزيادة الناتجة فى المحصول على درجة التلقيح الطبيعى التى قد تصل الى 50% .ولكن الضرر الذى قد يلح بنحل العسل نتيجة المبيدات المستعملة قد يقلل من فائدة هذه الطريقة .

(جـ) أستعمال الكيماويات التى تحدث العقم الذكرى Male strilety فى القطن بأستعمال M.H.30, Sodium B dichlorobutraty ,Fw.450 وهى تسمى Selective gametoside ترش على نبات القطن عند الازهار . و احسن النتائج حصل عليها من استعمال 1% من مركب Fw.450 على ان ترش النباتات بنفس المركب بتركيز 0.5% بعد ثلاث اسابيع من الرشة الاولى ويمكن خلط المركبات مع بعضها بتركيزات مختلفة .... ألخ

ولكن لا تستعمل هذه الكيماويات بتركيزات عالية لان ارتفاع التركيز يكون قاتلاً لنبات القطن اذا يسبب عقم البويضات كما يسبب احتراق الاوراق و استعمال هذه المركبات قد فتح أفاق جديده لانتاج القطن الهجين اذا ان بعض الشركات بدات تنتج القطن الهجين يدوياً لتختبر صفات التيلة وقدره هذه الهجن زراعياً ...ألخ استعدادا للانتاج التجارى للقطن الهجين .
(د) استخدام العقم الذكرى الوراثى وقد اكتشفة Richond! لا انه لم يستعمل فى انتاج الهجن التجارى.
<u>الحـــل الثانى :-</u>
الاكثار الخضرى لنبات القطن الهجين – أن الاكثار بالعقلة يعتبر اسهل أنواع الاكثار الخضرى عملياً وأول من قام بأكثار القطن بالعقلة بنجاح Rea & Narognan 1948 بدراسة أكثار القطن الهجين بالعقل و قد أستعمل هذه الطريقة إلا أنه لم تبذل حتى الان محاولات جديدة اتطبيق هذه الطريقة لأكثار القطن على نطاق تجارى .
ان ظروفنا الزراعية فى مصر من حيث عدم خطورة الصقيع فى فصل الشتاء وصغر المساحة التى يمتلكها كل مزارع .كل هذه العوامل تشجع على الاكثار الخضرى للقطن الهجين لما لها من فوائد عديدة منها :
1- المحافظة على قوة الهجين بصفة دائمة .
2- أكثار أصناف القطن دون أن يحدث له تدهور .
3- الاستفادة بكل البذور الناتجة فى إستخراج الزيت و الكسب وغيرها من منتجات البذرة .
4 – التبكير فى الإزهار و النضج و بذلك تقل الاصابة بدودتى اللوز .
5 – الجذور المتكونة على قاعدة الغقلة عريضة غير متعمقة وبذلك لا تتأثر نباتات القطن بمستوى الماء الأرضى كما هو الحال فى النباتات الناتجة من البذره حيث ان الاخيرة جذورها وتدية قد تصل الى 20م .
وقد أجرى كامل و أخرون 1960م دراسة الغرض منها معرفة مدى إمكان نجاح أكثار القطن بالعقلة تحت الظروف المصرية و مدى إستجابة الاصناف المختلفة لهه الطريقة من الأكثار و كذلك نسبة نجاح العقل من الاجزاء المختلفة من النبات حتى يمكن معرفة الى اى مدى يمكن أستخدام العقل فى اكثار القطن الهجين اذا ما فكر فى انتاجة محلياً وقد استعمل ثلاثة أصناف هى المنوفى وجيزه 30 وجيزة47 وقسم الساق الى خمس مناطق كالأتى :
1) عقلة جذرية ساقية (الجذر و الجزء القاعدة من الساق بطول 5 سم)
2) عقلة ساقية وسطية (الجزء الاسفل من الساق الاصلى)
3) عقلة ساقية وسطية (الجزء الاوسط من الساق الاصلى)
4) عقلة ساقية طرفية (الجزء الاعلى من الساق الاصلى)
5) عقلة قاعدية للفرع الخضرى أن وجد .
ولم تستعمل المواد الهرمونية أو المطهرات الفطرية لدفع نسبة نجاح العقل وكانت نسبة نجاح المناطق الخمس فى الاصناف الثلاثة كالأتى على الترتيب91.7-78.2-36.3–17.7-25.8 % بمتوسط عام قدرة 49.9 % .
وكانت المعاملة لنباتات القطن قبل التجهيز العقل لها أثر كبير فى نسبة النجاح فأن رى النباتات بعد الجنى وقبل تجهيز العقل بأسبوع قد يسبب رفع نسبة النجاح فى العقل من المناطق المختلفةولم تختلف الاصناف فى نسبة نجاحها ولكن من المتوقع أن تظهر اختلافات فى العقل الناتجة من الهجن النوعية .
عموماً لا يمكن استعمال هذه الطريقة حتى يتمكن البحث من رفع نسبة نجاح العقل حتى يمكن زراعة 3-5 أفدنة من كل فدان منزرع بالقطن الهجين حتى يكتب للصنف الجديد الأنتشار وحتى الوصول الى هذه النتيجة لم ينصح بأستخدامها على نطاق تجارى.

وقوة الهجين تجرب فى عدة دول الان بغرض إنتاجها تجارياً ففى 1958م قام Fryxell وأخرون بمحطة نيومكسيكو بالولايات المتحدة بأنتاج 16 هجيناً نوعياً من G. hersutum & G. barbdenase ووجد أن بعض الهجن مثل Acala1517 , Pima32 يمكن استخدامه تجارياً كما يمتاز عن كلا الابوين فى المحصول وفى أستطالة الشعر .
وفى عام 1959م هجنت أصناف الابلند مع الباربدنس فى بلغاريا ووجد أن الهجين G. hersutum2367 & G. barbadenase5904 كان طول تيلتة 35-36 ومبكر النضج وزاد المحصول عن كلا الابوين بحوالى 23% كما وجدوا أن الخصى الصناعى ثم التهجين قد انتاج 84% بذرة مهجنة بينما التهجين الازهار الغيرمخصية قد انتاج 21% بذرة مهجنة لو هجنت مرة واحدة ، 35% بذرة لو هجنت مرتين .

القمح الهجين

ثبت أن زراعة الجيل الأول تؤدى الى زيادة فى المحصول حوالى 25% - 30% أو اكثر لذا فأن ابحاث قوة الهجين دائماً فى زيادة مستمرة وتضم بأستمرار محاصيل جديدة مثل الشوفان و عباد الشمس و الأرز و الشعير و غيرها .

فى السنوات الاخيرة تجرى بدرجة كبيرة أبحاث متعددة فى مختلف العالم على القمح الهجين و قد ساعد على ذلك اكتشاف ظاهرة العقم الذكرى السيتوبلازمى (MC) فى القمح (Kihara1951 Wilson,Ross1962) و كذلك جينات إعادة الخصوبة (Schmid et al 1962) .

من المعروف أن زهرة القمح خنثى تحتوى على أعضاء التذكير و التأنيث معاً فى زهره واحدة صغيرة و تتكون الحبوب فى هذه الزهره نتيجة التلقيح الذاتى و لذلك فأنه للحصول على بذرة الهجين يلزم خصى الازهار التى ستستخدم كنبات أم و إجراء التهجين الصناعى لها بحبوب لقاح تجمع من أب أخر وهذه عملية صعبة و تحتاج الى وقت و مجهود كبير بحيث يصبح تنفيذها على نطاق واسع للحصول على كمية كبيرة من التقاوى الهجين غير ممكن عملياً وحتى الأن لم يؤدى أستخدام المواد الكيميائية لإحداث العقم الذكرى الى نتائج إيجابية .

ولذلك لم تظهر ضرورة أو أهمية استخدام ظاهرة قوة الهجين فى القمح الا بعد أكتشاف نظم وراثية معينة تضمن ثبات العقم الذكرى السيتوبلازمى و إعادة الخصوبة.

ولا يخفى ما للقمح الهجين من أهمية حيث ان القمح يعتبر محصول الخبز الرئيسى للبشرية جمعاء و أى زيادة مستقبلية فى محصولة تصبح ذات أهمية كبيرة إلا أنه قبل أن يعم القمح الهجين على النطاق التجارى فأنة توجد عدة مشكلات امام المربيين يجب حلها أولاً. أذ أنه للأستفادة العملية من قوة الهجين فى القمح فأنه يلزم توافر عدة شروط :-

1) تثبت الهجن تفوقها فى المحصول على الأصناف العادية السائدة فى المنطقة و على هذا الاساس يلزم وجود سلالات ذات قدرة تألف عالية تعطى قوة هجين ملحوظة و عندئذ يجب أن تكون قوة الهجين ثابتة من سنة لأخرى .
2) صفات الحبوب لهذه الهجن تكون جيدة بحيث ان تساوى على الاقل صفات حبوب الأصناف العادية ما لم تتفوق عليها .
3) هذه تكون الهجن مقاومة للأمراض و الحشرات و الرقاد الى غير ذلك من الصفات الزراعية و البيولوجية الهامة .

- إنتاج التقاوي الهجين يكون مكلف عن إنتاج تقاوى الأصناف العادية لذلك يجب أن تكون الزيادة فى محصول الهجين تفوق هذه التكاليف لأنه لو كانت الزيادة فى المحصول تغطى هذه الزيادة فى التكاليف فقط لأصبح إنتاج الهجين غير مجدياً . و لكى يكون الهجين مجدياً لابد انه بجانب المحصول العالى من ثبات هذا المحصول فى المناطق المختلفة حيث يصبح غير مجدياً فى المناطق التى يعطى فيها محصولاً منخفضاً .

ولكى يمكن أستعمال قوة الهجين فى القمح فأنه لابد من توافر سلالات عقيمة الذكر وأخرى تحمل عوامل إعادة الخصوبة ضمن الأصناف أو السلالات التى تستخدم كأباء فى الهجين.

عند زراعة القمح الهجين فى مساحات كبيرة فأننا سنحتاج كميات كبيرة من التقاوى و يتوقف مدى أمكانية إنتاج هه التقاوي من الناحية الأقتصادية على مدى كفاءة التهجين بواسطة الرياح بين السلالات عقيمة الكر و السلالات الأبوية .

مما سبق فأنه يمكن تلخيص العولمل التى يتوقف عليها إنتاج القمح الهجين فى ثلاث نقاط رئيسية:-
1) وجود قوة هجين ملحوظة (زيادة ملحوظة عن الأبوين) فى محصول الجيل الهجين الاول.
2) إمكان الحصول على سلالات عقيمة و أخرى معيدة للخصوبة يعتمد عليها فعلاً .
3) إمكان حدوث التلقيح الخلطى الكافى بواسطة الرياح للسلالات عقيمة الذكر.
و على أساس هذه العوامل الثلاثة تجرى تجارب و أبحاث إنتاج القمح الهجين فى كثير من دول العالم خاصة روسيا– أمريكا– كندا-المجر– ألمانيا- فرنسا- إيطاليا- اسبانيا- الهند- أستراليا واليابان وغيرها.
وفيما يلى ملخص لبعض النتائج التى حصل عليها بعض الباحثين فى بعض الدول و التى تتعلق بأنتاج القمح الهجين .

1 - المحصول و نوعية الحبوب فى الجيل الأول لهجن القمح

تشير النتائج الاولية التى اجريت منذ عشرات السنين بخصوص محصول الجيل الأول للهجين فى القمح الى الزيادة الكبيرة فى محصول هذه الهجن (Griffee1921) عن محصول الاباء و قد كان(Freeman1919) هو أول من قام بعمل تجارب من هذا النوع .

ومن الابحاث الحديثة التى تبين تفوق مثل هذه الهجن الابحاث التى قام بها (Gandhi et al1962 ,Gandhi 1962, Boyce1948) إلا ان نتائج هذه الابحاث لم تكن كافية للحكم على مدى تفوق الجيل الأول للهجين حيث أجريت التجارب لفترات قصيره و على اعداد قليلة من النباتات وكثيراً ما كانت تتم فى الصوب و قد بداءت الدراسات التفصيلية على هذا الموضوع أبتداء من 1964/1963م فقط وبعد أن ظهرت العوامل التى تساعد على أستعمالة و فى أحد التجارب التى أجريت فى الأتحاد السوفيتى فى الفترة 1963 – 1968 و درس فيها 136 هجين من حيث المحصول و مكوناتة أتضح أن متوسط محصول الهجين (136) تفوق عن الصنف القياسى بمقدار 14.6% وعن أحسن الابوين بمقدار8.9% و عن أقل الأبوين بمقدار 39.3%. و فى تهجينات معينة تراوح المحصول من 70-160% من محصول أحسن الأبوين و الصنف القياسى .

وإذا أعتبرت قوة الهجين على انها الزيادة عن متوسط محصول الأباء فأن حوالى 70% من الهجن تفوقت معنوياً فى المحصول عن متوسط الابوين بمقدار15-86% . كما كانت هناك مجموعة تفوقت بمقدار 25% عن أحسن الابوين محصولاً و على أساس هذه النتائج يمكن القول بأن قوة الهجين فى القمح يمكن أن تعطى زيادة هائلة فى المحصول .

وقد حصل نتائج مشابهة لهذه النتائج كثير من الباحثين فى الدول الأخرى
(Knoot 1963,Briggle 1964,Shebeski 966,Rajke.,Rajkis 1966, Cdes et al1967, John Son et al 1967, Gymawli et al 1968. ,Varenitza 1968.)

و لكن يجب الاشارة الى أن قوة الهجين قد تظهر عند بعض الهجن دون الاخرى حيث يلاحظ أحياناً فى بعض الهجن أن الجيل الأول يكون جزئياً أو كلياً بل و أنه فى بعض الحالات تموت النباتات اثناء النمو.
وتكون قوة الهجين ذات قيمة عملية كما سبق القول إذا زاد المحصول الهجين الناتج عن محصول الابوين وعن الصنف القياسى الموجود فى المنطقة وفى التجربة سابقة الذكر (التى أجريت فى الأتحاد السوفيتى) و كانت نسبة الهجن التى تفوقت بهذه الطريقة هى 13% من مجموع الهجن المختبرة.
ولقد وجد أن درجة تفوق الهجن لا تتوقف فقط على محصول الاباء و أنما تتوقف أيضاً على الاختلاف الوراثى و البيولوجى بينهم كما يتضح من الجدول التالى:-

رقم تركيب الهجين	عدد الهجن	محصول منسوب الى	
		الصنف القياسى	أحسن الابوين محصولاً
1- تهجين أصناف عالية المحصول ذات ايكوتيب واحد	25	120.6	110.3
2- تهجين أصناف عالية المحصول بأخرى منخفضة المحصول و ذات ايكوتيب مختلف	24	105.8	103.2
3- تهجين أصناف عالية المحصول بأخرى عالية المحصول و ذات ايكوتيب مختلف	32	123.8	114.2
4- تهجين أصناف منخفضة المحصول مع بعضها و ذات ايكوتيب مختلف	6	97.1	135.9

الأصناف منخفضة المحصول فى هذه الحالة محصولهاً من 50-80 % من الصنف القياسى.
الأصناف العاليـــة المحصول فى هذه الحالة محصولهاً من 85-110 % من الصنف القياسى.

و يكون التفوق فى محصول الجيل الاول الهجين كبيراً عند التهجين بين أصناف ذات ايكوتيب مختلف أو تختلف عن بعضها من حيث المنشأ و الصفات البيولوجية الأخرى .

ويلاحظ من الجدول السابق أن التهجين بين الاصناف ذات محصول منخفض فعلى الرغم من أنه اعطى هجن متفوقة عن الابوين إلا انها لم تتفوق عن الصنف القياسى بل انها كانت اقل (السطر الخير من الجدول) وعلى هذا الاساس فأن الهجن العالية المحصول يمكن الحصول عليها فقط عند تهجين أصناف عالية المحصول من الأصل . ونستنتج من هذا أن التربية لقوة الهجين لا يجب أن تحل محل طرق التربية الأخرى العادية بل بالعكس فأنها تدعمها-وأنه ليس هناك من طريقة أخرى لزيادة محصول و نوعية الحبوب عن طريق قوة الهجين الا بممارسة انتاج الاصناف وتربيتها بالطرق العادية

اتضح كذلك ان محصول الهجن مثلها مثل الاصناف العادية يتوقف بدرجة كبيرة على الظروف البيئية السائدة و ظروف الزراعة حيث ان الهجين الواحد يمكن ان يعطى نتائج مختلفة فى السنوات المختلفة.

وقد وجد أن هناك علاقة بين التفاوت فى محصول الهجن من سنة لأخرى و التفاوت أو عدم ثبات محصول الأباء من سنه لأخرى أى انه كلما كانت الأباء أكثر ثباتاً بالنسبة لكمية المحصول كلما كان الهجين الناتج منها أكثر ثباتاً كذلك و العكس بالعكس .

لذا عن إنتاج هجن القممح يجب إختيار الاباء بحيث تكون ُابتة المحصول من سنة لأخرى. كذلك وجد أن هناك هجناً تنجح أو تتفوق فى منطقة ما دون الأخرى .وهجناً أخرى قد تتفوق فى جميع المناطق

فمثلاً وجد فى أحد التجارب بالاتحاد السوفيتى أن الهجن السلالة Artmovkax68line68 تفوق عن الابوين و الصنف القياسى بمقدار 24-28% عند زراعتة فى أقليم بينما لم يظهر أى تفوق فى المحصول عند زراعتة فى منطقة Moskovskey موسكو. بينما الهجين Otshestvennaxline68 أعطى تفوقاً كبيراً فى كلا الاقليمين .

ويجب الأشارة الى أنه توجد بعض الهجن التى تكون ثابتة بدرجة كبيرة فى السنوات المختلفة ومن أمثلة ذلك هجين الصنف Mine Key × السلالة 68 و الذى أعطى المحصول الأتى فى السنوات المختلفة :-

السنه	كمية المحصول منسوبة الى	
	الصنف القياسى	أحسن الأبوين
1966	% 124.8	% 133.1
1967	% 136.4	% 121
1968	% 133.5	% 130
متوسط 3 سنوات	% 131.6	% 128.1

وتوجد بعض نتائج Knott1963 , Petror, Shendruk 1969 تشير الى أن نوع التربة وكثافة الزراعة تؤثر على إظهار التفوق الهجينى من عدمة بحيث تقلل الزراعة الكثيفة من إظهار قوة الهجين – إلا أنه فى أحد التجارب التى أجريت خصيصاً لدراسة هذا العامل و زرعت فيها النباتات بمعدل 200-600-800 حبة فى المتر المربع لم يكن هناك أى تأثير على قوة الهجين بل فى بعض الحالات زادت بزيادة كثافة الزراعة (Cytogenetics of wheat and its hybrids).

وبتحليل مكونات المحصول فى الجيل الهجينى الأول لمعرفة مصدر قوة الهجين وجد أنها تظهر أما على بعض مكونات المحصول دون الأخرى مثل عدد الأفرع المنتجة أو مقدرة النباتات على البقاء أو عدد الحبوب فى السنبلة أو وزن 1000حبة أو تظهر على كل مركبات المحصول .

فى معظم الحالات (68 %من الهجن) كانت الهجن تتفوق على الاباء فى وزن الحبوب فى وحدة المساحة ووزن الـ1000حبة (38%من الهجن) ،عدد الحبوب فى السنبلة (25%من الهجن) بينما كان التفوق فى عدد السنيبلات فى السنبلة نادراً (10% فقط من الهجن) وكان التفوق اكبر بقليل من أحسن الأباء (بمقدار 5-9%) مع انه كان معنوياً. و اجريت دراسات على مدى الارتباط بين درجة التفوق فى عناصر المحصول المختلفة و بين المحصول النهائى للهجين بحيث أنه أذا وجدت مثل هذه العلاقة أمكن تقييم الهجن المختلفة بأستعمال عدد قليل من النباتات الأمر الذى يتيسر معة أختيار عدد كبير من الهجن .

وقد لوحظ أرتباط عالى بين وزن حبوب النبات الواحد و كمية المحصول فقد كان معامل الارتباط بين هذين العاملين +0.27 فى 1964 ، +5.68 فى 1965 ، 0.7 فى 1966 ، 0.28 فى 1967م . وبالرغم من أن معامل الارتباط كان عالى فى بعض السنوات إلا ان صفة وزن الحبوب للنبات مثلها فى ذلك مثل بقية الصفات الأخرى لا يمكن الاعتماد عليها وحدها فى تقييم الهجن ويجب وزن الحبوب فى وحدة المساحة .

ليست قوة الهجين فى القمح قاصرة فقط على الصفات التى يرغبها المربى فقط و أنما قد تحدث فى بعض الصفات الغير مرغوبة مثل ارتفاع النبات مثلاً .و قد لوحظ فى بعض التجارب أن حوالى 60% من الهجن المدروسة تفوقت فى إرتفاع النبات بحوالى 9% عن الأب طويل الساق ولم تسود (أى لم تظهر فى الجيل الأول) السيقان القصيرة(صفة القصر) فى أى هجين – إلا أنه لوحظ ان الهجن كانت متفوقة فى الطول على الاباء فى فترة حياتها الاولى وحتى طرد السنابل ثم قد يتلاشى الفرق فى الطول فى النصف الثانى من حياة النبات بعد ذلك بحيث يصبح قليلاً أو غير ملحوظ . وقد تصل الزيادة فى الطول فى مرحلة النمو الاولى حوالى 20-25% و مع ان قوة الهجين ليست كبيرة فيما يتعلق بطول النبات الا انه يجب عدم اهمالها أثناء التربية حيث ان الرقاد الذى قد ينتج عن ذلك قد يؤدى الى النقص فى المحصول بمقدار التفوق الناتج عن قوة الهجين وبذلك تختفى قوة الهجين لذا يجب على المربى مراعاة ذلك فى برنامج تربية القمح الهجين و أنتخاب النباتات القوية ذات السيقان الصلبة من الاصناف عالية المحصول و التى تتحمل جرعات كبيرة من الاسمده .

2 - صفات حبوب الجيل الاول الهجين

تعتبر صفات الحبوب من العوامل الهامة فى القمح الهجين الى جانب المحصول العالى و تعتبر كمية البروتين من أحد الصفات الهامة فى الحبوب خصوصاً فى حالة تقييم الهجن حيث لوحظ فى السنوات الاخيرة ان ارتفاع محصول الصنف يميل ان يكون مصحوب بأنخفاض نسبة البروتن ولما كانت الهجن الممتازة تزيد فى محصولها عن أحسن الاباء لذلك فانة يلزم دراة ما اذا كان نسبة البروتين يميل الى الانخفاض ام لا فى محصول الهجن .

ومن الـ(136) هجين السابق ذكرها وجد ان أكثر من نصفها تقريباً كانت نسبة البروتين فيها تساوى نسبة البروتين فى حبوب الاب المنخفض فى البروتين او تقل عنه – مع ملاحظة أن نسبة البروتين فى الهجن المختلفة مثلها فى ذلك مثل الاباء كانت تتفاوت تفاوتاً كبيراً من سنة لأخرى فمثلاً 1965 م كانت تتراوح ما بين 13.5% وفى 1966 من 13.3 – 17.4% ومن 14.6 – 17.5 عام 1967م ولم تكن هناك علاقة محددة بين كمية المحصول و نسبة البروتين فى هذه الهجن و كان متوسط معامل الارتباط Correlation بين هذين العاملين لمدة 3 سنوات هو 0.05% ومن بين 24 هجين متفوقة فى المحصول كان هناك 12 هجين مساوية فى نسبة البروتين بحبوبها الى الاب الاعلى فى البروتين او المتوسط الابوين كما كانت هناك بعض الهجن ذات المحصول العالى التى تفوقت فى نسبة البروتين عن أحسن الابوين .

بالنسبة للصفات الطبيعية و الكيماوية وصفات الخبز الناتج فأن جزء كبير من الهجن تحت الدراسة أعطت نتائج وسط بين صفات الاباء .

فى بعض الحالات كان هناك إنحراف نحو أب معين لصفة أو أكثر من هذه الصفات وتكون هذه الحالة أكثر وضوحاً عند أستعمال أباء متضادة فى هذه الصفات (أى الاختلاف كبير بينهما)

أتضح ن بعض التجارب فى كندا و أمريكا ان الاصناف المختلفة تختلف فى مقدرتها على توريث الصفات لحبوب الهجن التى تشترك فيها(اى ان قدرة الائتلاف تختلف بين الاصناف المختلفة) فمثلاً الصنف Saratovskaya29 يمتاز بقدره عالية على الائتلاف ومعظم الهجن التى اشترك فيها كانت ذات صفات جودة عالية وفى هجن معينة لوحظت قوة الهجين بالنسبة لصفات الجودة . و يلعب نبات الأم دوراً كبيراً فى توريث صفات الجودة عن نبات الأب وقد لوحظ أختلاف الهجن الناتجة من أبوين مختلفين فى إجراء التهجين و التهجين العكسى لهما .

الأباء و الهجن	محتويات البروتين الخام	قوة الدقيق	زمن الخلط	خاصية الخلط	حجم الرغيف سم3
Saratovskoa 29	33.3	402	6.0	60	600
Saratovskoa 29 × Minskia	35.0	488	5.5	56	660
Minskia	32.2	297	4.5	55	610
Line 864 H153	31.6	35	5.0	56	600
Minskia	33.2	519	6.5	62	610

3- مقاومة الجيل الأول الهجين للأمراض و الحشرات

تتوقف مناهة أو مقاومة هجين القمح الربيعى فى الجيل الأول على طبيعة الأباء نفسها فعند التهجين بين سلالات أو أصناف قابلة للإصابة بالأصداء أو البياض فأن الهجين تكون قبلة للأصابة بشدة واذا كانت احدى السلالتين شديدة المقاومة أو منيعة و الأخرى شديدة القابلية للأصابة فأن الهجن تظهر درجات مختلفة من المقاومة تبعاً للطبيعة الوراثية للأباء .

فمثلاً الصنف Minskia و الذى يعتبر مقاوماً الى حد ما للصدأ البرتقالى يسلك سلوكاً مختلفاً فى الهجن التى يشترك فيها فمن بين 13 هجين أشترك فيها كأب كانت صفة المقاومة سائدة فى 2 هجين فقط و 7هجن كانت متوسطة المقاومة و4 هجن الأخرى كانت شديدة القابلية للأصابة .

وبالنسبة للصدأ البرتقالي وجد أن 7% فقط من الهجن كانت مقاومة ،33% كانت متوسطة المقاومة أو متوسطة الإصابة ،50% سادت فيها صفة القابلية للإصابة 10% أصيبت بدرجة أشد من الأب القابل للإصابة.

وقد وجدت نتائج متشابهة بالنسبة للصدأ الأصفر و البياض الدقيقى .

وبالنسبة للإصابة بالحشرات المختلفة فقد وجد أن صفات الهجن تكون وسط بين صفات الآباء المستعملة .

قوة الهجين فى الأجيال المتقدمة Heterosis in advanced generation of Hybrids

محصول و صفات الحبوب فى عشائر F2 ,F3

توجد بعض الابحاث التى تشير الى ان قوة الهجين فى القمح يمكن ان تستمر الى الجيل الثانى و الثالث وحتى فى أجيال متأخرة عن ذلك (Kore Tshenka 1957, Pookhalskey 1968) و لكن توجد أبحاث أخرى تشير الى عدم ثبات قوة الهجين فى الجيل الثانى و الثالث حيث كان هناك أنخفاض ملحوظ فى المحصول فى هذه الاجيال فمن بين 12 هجين كانت متفوقة فى F1 بقيت 3 هجن فقط متفوقة معنوياً على أحسن الاباء بمقدار 18 – 21 % .

وعند حساب متوسط محصول الهجن كلها فى F2 (12هجين) وجد أنه كان يساوى 107% بالنسبة لأحسن الابوين بينما كان هذا المتوسط فى الجيل الأول يساوى 128.9% وفى تجربة أخرى فى(Ciano) على 3 هجن كان انخفاض محصول F2 بمعدل 18-22% و كان معدل الانخفاض فى F3 أقل منه فى F2 وعلى ذلك يمكن القول بأن قوة الهجين تنخفض بدرجة كبيرة بعد الجيل الأول الهجين .

وقد وجد فى بعض الحالات أن انخفاض المحصول كان راجعاً الى قلة التفريع مع وجود تأثير ثانوى راجع الى أنخفاض الخصوبة فى السنيبلات الثالثه و الرابعة فى عديد من السنابل

بالاضافة الى أنخفاض المحصول فى F2 فأنه قد توجد عيوب أخرى مثل الأنعزالات الكبيره فى مواعيد نضج النبات و أرتفاع النبات و مقاومة الامراض وفى أنسجة الحبوب وصفات جودة الطحن و الخبز.

و الجدول التالى يبين محصول بعض الهجن فى الاجيال F3,F2,F1

م	تركيب الهجين	سنة التقييم	الجيل	المحصول منسوب الى	
				الصنف القياسى	أحسن الابوين
1	No 115 H200 × Saratovsk	1964	1	160.3	140.7
		65	2	142.7	118.3
		66	3	106.1	98
2	Saratovslcia29 × Minskia	64	1	133	133.9
		65	2	105.9	96
		66	3	109	93.3
3	No.71 H220 × Saratovsk	64	1	127.2	121.8
		65	2	133.1	105.2
		66	3	95.8	89.6
4	Minskia × Germamark	65	1	136.6	133.6
		66	2	110.3	92.4
5	Majak × No. 68 H153	65	1	125.7	125.6
		66	2	110.3	103.4
6	Any V Krasno Zernay	66	1	124.6	124.6
		67	2	101.1	101.1
7	N 12 H310 × No.14 H153	66	1	126.7	135.5
		67	2	145	107.5
8	N4 H310 × No.14 H153	67	1	137.7	127.2
		68	2	119	118.4
9	Vostok × No.68 H153	66	1	117.8	128.3
		67	1	134.2	119.1
		67	2	143.2	121.1
		68	2	157.8	117.5
10	Minskia × No.68 H153	66	1	124.8	133.1
		67	1	136.4	121
		67	2	139.4	105.9
		68	1	133.5	103.3
		68	1	130.2	113.2

	89.7	103.2	3	68	

جدول يبين مقدار و تكرار ظهور قوة الهجين فى الجيل الاول الهجين للقمح الربيعى فى مكونات المحصول المختلفة:

مواصفات الهجن	نسبة الانبات فى الحقل	القدرة على البقاء فى فترة النمو الخضرى	التفريع المنتج	عدد السنيبلات فى السنبلة	عدد الحبوب فى السنبلة	وزن الـ1000 حبة بالجرام	وزن الحبوب جم	
							على النبات الواحد	فى م2
الهجن التى تتفوق عن احسن الابوين بمقدار	(% من عدد الهجن المدروســــــــــه)							
% 20	-	-	1		-	-	6	19
% 25 – 20	-	-	1		-	2	8	8
% 11 – 15	-	1	2		5	3	12	12
% 14 – 10	5	1	3	-	11	8	15	11
% 9 – 5	15	14	17	10	9	25	7	19
الهجن التى تشبة أحسن الاباء	29	27	39	41	20	37	24	13
الهجن الوسط بين الاباء	32	27	27	47	23	24	16	14
الهجن المشابهة للاب المنخفض	17	12	8	2	11	1	5	2
الهجن التى تقل عن الاب المنخفض بمقدار								
% 9 – 5	2	2	2	-	9	-	4	-
% 14 – 10	-	-	-	-	5		2	-
% 19 – 15	-	-	-	-	7	-	1	-

برنامج تربية القمح الهجين
<u>باستخدام العقم الذكرى السيتوبلازمى</u>

مما سبق يتضح أن إنتاج القمح الهجين بأستخدام العقم الذكرى السيتوبلازمى يتطلب وجود :-

1) سلالات عقيمة الذكر السيتوبلازمى .

2) سلالات أخرى مشابهة تماماً لها فيما عدا أنها خصبة الذكر.وذلك حتى يمكن المحافظة على السلالات العقيمة الذكر و تسمى مثل هذه السلالات أحياناً بالسلالات الحافظة Maintainer Lines وتستعمل السلالات العقيمة الذكر كأم فى إنتاج الهجن.

3) سلالات تحمل عوامل أعادة الخصوبة restorer lines و تستخدم كأباء فى انتاج الهجن .

وقد كان العالم اليابانى Kihara 1959 أول من لاحظ ظاهرة العقم الذكرى نتيجة لتهجين :

T.vulgare × Aegilops caudate وفى سنة 1953 لاحظ Furasawa فى اليابان نباتات عقيمة الذكر فى الانزالات الناتجة من تهجين T.durum× Aeg.ovata وفى عام 1955م تمكن نف الباحث من أعادة الخصوبة الى النباتات عقيمة الذكر التى تحتوى على سيتوبلازم Aeg.ovata وذلك بتهجينها معdicoccoides. وبذلك فقد أمكن نقل سيتوبلازم الـ Aegilops الى الاقماح Triticum ولكنة وجد ان هذا النوع من السيتوبلازم يعطى نباتات غير مرغوبة مثل التاخير فى التذهير و النضج و تكوين حبوب بدون أجنه وتكوين نباتات أحادية بجانب صعوبة أرجاع الخصوبة اليها . فى عام 1958م تمكن Kihara من

الحصول على نباتات بها عقم ذكرى سيتوبلازمى و سلالات بها حبوب لقاح خصبة من التهجين T.tinopheevi × T. dicoccum .
أمكن بعد ذلك الحصول على سلالات عقيمة الذكر عقماً كاملاً من الاقماح السداسية بتهجينها مع T.timopheeviوقد كان Willson,Ross 1962 أول من انتاجا القمح عقيم الذكر الذى يحتوى على سيتوبلازم عقيم من الـ Timopheevi و ذلك فى أحدى محطات التجارب بكنساس 1962.
Schmidt, Iohnson فى براسكا وجد انه يمكن اعادة الخصوبة للسلالات العقيمة التى انتاجها , Willson Ross النامية فى كنساس بواسطة تهجينها مع T.timopheevi حيث ان النوع T.timopheevi يحتوى على السيتوبلازم العقيم وفى نفس الوقت يحتوى على عوامل اعادة الخصوبة . وبذلك فأنه بعد اكتشاف امكانية نقل السيتوبلازم العقيم من T.timopheevi وكذلك عوامل اعادة الخصوبة الى انواع القمح الاخرى اصبح من الممكن انتاج القمح الهجين باستعمال العقم الذكرى السيتوبلازمى .
فيما يلى ملخص لطرق تربية السلالات المختلفة اللازمة لانتاج القمح الهجين:-

أ) انتاج السلالات الام عقيمة الذكر :

اذا فرض انه لدينا سلالة (أ) عقيمة الذكر و سلالة (ب) خصبة الذكر فأنه لنقل صفة العقم الذكرى الى السلالة (ب) الخصبة الذكر تزرع النباتات العقيمة الذكر فى خطوط بالتبادل مع السلالة المراد أدخال صفة العقم عليها ثم تجمع الحبوب المتكونة و تزرع بالتبادل مره ثانية مع السلالة (ب) أى بهجين الجيل الأول (ويكون عقيم الذكر) تهجيناً رجعياً الى السلالة (ب) وتكرر هذه العمليات (التهجين الرجعى الانتخاب) لعدة اجيال حتى نحصل فى النهاية على السلالة (ب) الاصلية ولكنها تحمل صفه العقم الذكرى. للمحافظة على هذه السلالة و أكثارها عام بعد عام يحتفظ بالسلالة (ب) الاصلية خصبة الذكر و التى تسمى Maintaimr line و تهجن مع السلالة العقيمة الاكثار والسلالة (ب) عقيمة الذكر . ويجب أن تتوفر فى السلالات عقيمة الذكر التى تتعمل كأم فى انتاج الهجن الشروط التالية:
(1) أن يكون العقم الذكرى كاملاً (100%) وثابت من سنه لأخرى.
(2) تبقى ازهارها متفتحة فترة طويله لامكان أستقبال حبوب اللقاح من الاب الاخر .
(3) قصيرة الساق (حتى يتسنى وصول حبوب اللقاح اليه).
(4) ذات قدرة ائتلاف عالية لأعطاء محصول و صفات جودة عالية .
(5) مقاومة للأمراض و الحشرات و الرقاد .

ب) أنتاج السلالة الحاملة لعوامل اعادة الخصوبة (التى تستخدم كأب فى التهجين)

يعتبر انتاج السلالة الحاملة لعوامل اعادة الخصوبة أصعب بكثير من انتاج السلالة العقيمة الذكر كما يحتاج لوقت و مجهود أكبر ويرجع ذلك الى أن صفة أعادة الخصوبة (أو عوامل اعادة الخصوبة) كما يبدو من أبحاث كثيرة انها تعتبر صفة مركبة تتوقف على عدة عوامل وراثية كما انها تتأثر بعوامل كثيرة أخرى من سنه لأخرى تبعاً للظروف الجوية السائدة وتبعاً لطبيعة السلالة العقيمة المراد أعادة الخصوبة اليها الى غير ذلك من العوامل لذلك قد ينعزل النسل الناتج الى نباتات تتدرج فى الخصوبة من نباتات عقيمة 10% الى خصبة 100% وعلى أى حال فأنه يمكن انتاج السلالة الاب الحاملة لعوامل اعادة الخصوبة كالاتى :- اذا فرض ان لدينا سلالة (ا) تحمل عوامل اعادة الخصوبة و سلالة اخرى (ب) يراد نقل عوامل اعادة الخصوبة اليها لتكون هى السلالة الاب فى انتاج الهجين فأنه يتبع الاتى:-
(أ) تهجين النباتات تامة الخصوبة من السلالة (أ) الى السلالة (ب).
(ب) تزرع الحبوب الناتجة من التهجين و تنتخب النباتات المشابهة لسلالة (ب) وتامة الخصوبة ثم تهجن مع سلالة عقيمة للتأكد من أنها تحمل عوامل اعادة الخصوبة بحالة سائدة و أصلية .
(جـ) تهجين النباتات الخصبة الأصلية تهجيناً رجعياً مع السلالة (ب) لمدة 4 – 5 تهجينات رجعية حتى تحصل على السلالة (ب) تكون مشابهة تماماً للسلالة (ب) الاصلية و تحمل عوامل أعادة الخصوبة وتكون بذلك هى السلالة التى تستعمل كأب فى إنتاج القمح الهجين .
و يجب أن تتوافر فى السلالة الأب المعيدة للخصوبة عدة عوامل هى :-
1- تحتوى على عوامل اعادة الخصوبة بحالة اصلية و التى يجب ان تعطى أعادة خصوبة 100%.

2- قصير الساق (لا يكون أقصر من السلالة الام) لتسهيل حدوث التلقيح الخلطى الطبيعى لأن الهجين يكون دائماً أطول من الأبوين .
3- يكون عالى المحصول و ذو قدرة ائتلاف عالية.
4- يعطى كمية كبيرة من الازهار و حبوب اللقاح الخصبة تحت ظروف الزراعة المختلفة حتى تكون كافية لتلقيح النباتات الام عقيمة الذكر .
5- مقاومة للأمراض و الحشرات و الرقاد .
وعموماً فمازال هناك مشاكل كثيرة تحتاج الى حلول فى انتاج السلالات المعيدة للخصوبة .

ج) أنتاج الهجن النهائى

تهجن السلالة الام عقيمة الذكر بالسلالة الاب الحاملة لعوامل أعادة الخصوبة بحالة سائدة وأصلية وذلك بزراعتها فى خطوط متبادلة . ثم بعد ذلك تؤخذ الحبوب المتكونة على السلالة الأم بعد النضج و الحصاد و تكون هى الحبوب الهجين التى توزع على المزارعين حيث تزرع لإنتاج القمح الهجين .
و يجن ان تنتج تقاوى الهجين تحت ظروف منعزلة وذلك للتأكد من أن حبوب اللقاح التى ستخصب السلالة العقيمة الذكر تحمل جينات أعادة الخصوبة (أى من الاب الحامل لعوامل أعادة الخصوبة) وليست أى حبوب لقاح أخرى ويتم ذلك بزراعة نباتات الاب و الام فى خطوط متبادلة فى حقول منعزلة.
وحتى الان لم يستقر على النظام الذى يتبع فى زراعة نباتات الاب و الام وذلك نتيجة لأختلاف النباتات فى أعطاء كمية حبوب اللقاح ومدى قابلية المياسم لأستقبال حبوب اللقاح بواسطة الهواء وايضاً أختلاف مواعيد التذهير بين الاباء وطول فترة التذهير و جميع العوامل الأخرى الخاصة بالتهجين الخلطى. و التى يجب مراعاتها جميعاً عند إنتاج القمح الهجين .
ملخص برنامج انتاج القمح الهجين المتبع فى المكسيك و الذي يعتبر فية النوع الرباعى T.timopheevi مصدر للسيتوبلازم العقيم الذكر وفى نفس الوقت مصدر العوامل أعادة الخصوبة

T.timopheevi × Penjamo 62
Teteraploid × Hexaploid

الجيل الأول خماسي فيه نسبة عالية من العقم

1) الافرع الاخرى من نباتات الجيل الاول يعمل لها تلقيح ذاتى وتزرع البذرة المتكونة لنحصل على نباتات الجيل الثانى و يلاحظ بها الاتى: **أ- نباتات عقيمة** **ب- نباتات متدرجة فى الخصوبة** **ج- نباتات تامة الخصوبة** **2) تهجين النباتات تامة الخصوبة المشابهة لPenjamo62مع صنف قياسى $crim_N$ الذى يستخدم كاب** **3) تزرع البذور الناتجة من التهجين و تنتخب النباتات المشابهة ل $crim_N$ فى الصفات الزراعية وتامة الخصوبة ويعمل لها progeny test وذلك بتهجينها مع سلالة عقيمة للتأكد من انها تحمل جينات اعادة الخصوبة بحالة سائدة و أصلية.** **4) تهجين النباتا الخصبة الاصلية مع crimN لمدة 4 تهجينات رجعية الى ان نحصل على سلالة crinR تشبة تماماً crimN وتحمل جينات اعادة الخصوبة التى اخذتها من T.timopheevi**	**1) افرع من نباتات الجيل الاول تخصى و تهجن رجعياً مع Penjamo 62** **2) تزرع الحبوب المتكونة نتيجة حدوث التهجين فى خطوط متبادلة مع Penjamo 62N و تنتخب النباتات المشابهة ل Penjamo 62 وتهجن رجعياً مرة ثانية .** **3) نستمر هكذا لمدة 7 تهجينات رجعية مع العلم ان كل تهجين رجعى لابد ان يشمل على نباتات عقيمة تشبه Penjamo 62N و ان نحصل على سلالة عقيمة تحمل صفات Penjamo 62N وتحمل ايضاً السيتوبلازم العقيم المنقول لها من T.timopheevi**

بعد ذلك تزرع السلالاتين Penjamo 62 Ms × crimR فى خطوط متبادلة و الحبوب الناتجة من التهجين على السلالة العقيمة تحصد وتوزع على الزراع لزراعتها للحصول على نباتات الجيل الاول الذى يظهر فية قوة الهجين. R:Restorer geno , N:Normal , Ms:Malestrile

كفاءة تلقيح السلالات العقيمة الذكر ووسائل زيادتها

تصبح ظاهرة قوة الهجين مجدية من الناحية العملية فى حالة الكفاءة العالية للتلقيح الخلطى بواسطة الرياح فقط وعندئذ يجب أن لا تقل نسبة عقد الثمار عن 70 % حيث انه عند هذه النسبة فقط يمكن زيادة كمية المحصول بنسبة 20%.

وتدل الابحاث التى أجريت فى دول مختلفة على أن نسبة العقد كانت تتراوح تبعاً للظروف المختلفة ما بين 10 – 20 % Petter et al.,1965, Kihara 1967, Willson&Ross1966 ., Jonson 1967., Briggle 1964.

لذلك فأن زيادة كفاءة التلقيح بواسطة الرياح تصبح من المسائل أو المشاكل الهامة فى تربية وإنتاج القمح الهجين. ومن الوسائل التى تساعد على زيادة العقد هى تشبع الهواء المحيط بحبوب اللقاح و لذلك فأنة يجب أن تكون الأصناف التى ستستعمل فى إنتاج الهجين تمتاز بخاصية التزهير المفتوح أى تتفتح أزهارها عند التذهير وذلك حتى يتسنى أنتشار حبوب اللقاح الى الخارج – أما الأصناف التى تظل أزهارها مقفلة عند التذهير فهى تكون غير مجدية فى هذه الحالة و قد وجد أن الاصناف المختلفة تختلف بدرجة كبيرة حيث وجد فى أحد الابحاث على بعض الاصناف الروسية أن نسبة حبوب اللقاح التى تخرج خارج الازهار كانت تتراوح فى الاصناف المختلفة و السنين المختلفة من 20- 75% من اللقاح الكلى فى المتوسط وذلك كما يتضح من جدول (5)

وقد وجدت علاقة قوية بين كمية حبوب اللقاح المنتثرة من السلالة الخصبة وكمية الحبوب المتكونة على السلالة المشابهة لها العقيمة الذكر كم يتضح من جدول (6)

جدول (5) طبيعة التذهير فى أصناف مختلفة من القمح فى منطقة موسكو

الصنف	كمية المتوك الخارجة من الزهره % فى السنوات				
	1965	66	67	68	المتوسط
A P O	76,7	75,3	-	70,6	74,4
Artimork	45	51	66,8	77,6	60,1
Bezentshokskia	43,1	69,2	-	51,8	54,7
Bunckar	65	88	91,3	77,5	80,4
Vesna	58	74,2	73,4	73,8	69,8
Vastok	71,6	84,8	-	73	76,5
Popkobikah	60,8	47,4	73,9	79,8	65,5
Dalnivostotshnia	61,8	66,7	72,6	67,8	67,2
Zavoljeskia 938	8,3	50,1	27,6	10,1	24
Zaria	-	-	84,7	76,3	80,5
Erkooteskia 49	74	68	65,5	47	63,6
Eskro	49	64,5	69,9	41,6	56,5
Kinelskia I4	39,3	44,9	48,8	56,1	37,3

49,5	42,5	52,5	61,4	41,6	Kolektirnia
75,8	69,5	71,3	81	81,6	Kometa
58,1	26,6	64,5	74,8	66,7	Krasnazernia
44,2	27,6	41,7	63,3	-	Kzil – bas
76,8	77,6	66,8	81,8	81	Lastotshka
78	79,1	81	78,5	73,3	Loutesans 62
70,1	-	79,4	68,8	62	153
22,4	13,3	23,9	24,3	28,3	758
63,6	62,2	60	71	60,8	Minskia
60,4	45,2	72,9	73,4	50,3	Sarroobra
53,2	27,4	64,2	45	76,1	Shala
52	32,4	61,1	62,2	-	Strela
45,5	-	37,6	56,2	42,3	Tsesum 3I
75,7	-	77,5	75,5	74	Erethrospermeum 84I

جدول (6) يبين العلاقة بين كمية المتوك المنتثرة للخارج و كمية الحبوب المتكونة على نبات الأم

صنف القمح و السلالة العقيمة له	نسبة المتوك المنتثرة خارج الزهره	نسبة الحبوب المتكونة %
Saratovskia 29	41,7	44,2
Krasnazernia	61,5	57,5
Minskia	74,3	61,7
Line No 62 H22 I	88,1	82

وقد كان معامل الارتباط فى سنتين متتاليتين هو + 0,94 وبهذه الطريقة فأن كفاءة االتلقيح الخلطى بواسطة الرياح تتوقف قبل كل شئ على طبيعة تزهير الصنف خصب الذكر .

وبجانب طبيعة التذهير فأن كمية حبوب اللقاح التى تنتجها الزهره الواحدة تعتبر أيضاً من العوامل المهمة حيث وجد فى كثير من التجارب أن كمية حبوب اللقاح الناتجة من الزهره الواحدة تختلف أختلافاً كبيراً من صنف لأخر حيث تتراوح ما بين 2,3 – 6,1 الف و على هذا الاساس فأنه يمكن تحديد مدى صلاحية الصنف فى تهجين السلالات العقيمة الذكر مقدماً على أساس كمية المتوك التى تنتثر خارج الزهره (طبيعة التذهير) وكذلك عدد حبوب اللقاح التى تنتجها الزهره الواحدة أو المتك الواحد .

ووجد كذلك أن ميعاد التذهير نبات الاب بالنسبة لنبات الام العقيم من العوامل التى تؤثر فى نسبة الحبوب المتكونة حيث وجد أنه اذا كان الصنف العقيم الذكر يذهر مبكراً بمقدار 1 – 4 يوم عن الصنف الملقح فان نسبة الحبوب المتكونة تكون أكبر مما لو كان هذا الفرق 1-2 يوم فقط.

وبأخذ هذه النقط فى الاعتبار فأنة يمكن رفع كفاءة التلقيح بواسطة الرياح بأستخدام عمليات زراعية معينة (ميعاد الزراعة – التسميد – كمية التقاوى – طرق الزراعة).

وتدل النتائج الاولية لبعض التجارب فى أمريكا وكندا و روسيا أنه اذا كانت زراعة السلالات العقيمة فى أحواض عرضها 4 متر و تبادلت معها السلالة الاب بنسبة 1 :1 وحتى 2:2 فأن حبوب اللقاح تكون كافية فى هذه الحالة لتكوين كمية كبيرة من الحبوب الا أنه للإجابة النهائية على هذا السؤال يجب إجراء عدد أكبر من التجارب وفى مناطق متعددة و مختلفة.

وقد يبدو من الناحية النظرية ان انتاج القمح الهجين ممكنا بطريقة سهلة و عملية إلا أنه فى الواقع لازالت هناك عدة مشاكل تقيد إنتاج القمح الهجين على نطاق تجارى منها :

1) أنه لا توجد حتى الان (R_ line) السلالة المعيدة للخصوبة التى يمكنها إعطاء خصوبة كاملة من سنة لأخرى وذلك نظراً لأن هناك أكثر من عامل وراثى يتحكم فيها و يرجح أنهم 3-4 أزواج من العوامل كما أن وراثة هذه الجينات معقدة وذلك لتدخل التأثيرات البيئية – كما ان احتمال وجود جينات الخصوبة و العقم على الكرموسومات يؤدى الى تداخلها و بالتالى يحور من سلوك النباتات .

2) تكاليف الانتاج عالية قد لا تغطى المصاريف.

3) غالياُ ما تكون صفات الجودة للحبوب غير جيدة لان الهجين يحمل حبوب خليطة بالنسبة لصفات الجودة وذلك حتى لو كانت الاباء جيدة بالنسبة لصفات الجودة.

4) يجب ان لا تقل نسبة عقد الحبوب فى القممح الهجين عن 70% وذلك حتى يكون محصولة مجزياً وهذه النسبة تتوقف على كفاءة الرياح فى التهجين الخلطى وكذلك على طبيعة التذهير نباتات الاب و الام و التى يجب ان يكون التذهير فيها مفتوحاُ بحيث تنثر حبوب اللقاح من الاب فى الهواء بكميات كبيرة و فى نفس الوقت يكون من السهل وصول حبوب اللقاح الى ازهار الام.

5) قد يكون السيتوبلازم العقيم الذى ينتقل الى السلالة الام مصحوباً ببعض الصفات غير المرغوية أو لة تأثير على بعض صفات الام المورفولوجية و الفسيولوجية.

6) تأثر درجة العقم و كذلك درجة أعادة الخصوبة بالظروف البيئية المختلفة.

7) تربية الاقماح بالطرق العادية لم تستنفذ بعد و هما أرخص طرق التربية ولازال المجال فيها متسعاً.

- فى حال التغلب على هذه المشاكل فأن أنتاج القمح الهجين يكون له عدة مميزات منها :

1- انتاج محصول أعلى من احسن الابوين يمكن أنتاجها بطرق التربية العادية بنسبة عالية تصل فى بعض الحالات الى 30 % .
2- الاستفادة بصفة السيادة فى مقاومة الامراض و ذلك بظهورها فى الجيل الاول.
3- القمح الهجين ذو قدرة عالية على الاقلمة تحت ظروف بيئية و اسعة .

عموماً فأنة من الصعب الان تحديد الزمن اللازم حتى يصبح استعمال القمح الهجين على نطاق تجارى عالمى و الاستفادة من قوة الهجين فى هذا المحصول حيث أن هذه المسألة لازالت صعبة وتحتاج الى ابحاث كثيرة إلا انه الصعوبات و ربما الفشل الذى قد يصادف أنتاج القمح الهجين

يعتبر مؤقتاً كما يرى ذلك كبار علماء العالم . و سيأتى الوقت الذى يكون القمح الهجين فيه هو أساس زيادة المحصول من القمح و الذى يعتبر أحد محاصيل الغذاء الرئيسية .

الذرة الهجين Hybrid Corn

تعتبر دراسات East –shull التى قاما بها كلا منهما سنة 1909 عن اثر الاخصاب الذاتى على المحاصيل خلطية الاخصاب واثر التهجين على السلالات الناتجة من الاخصاب الذاتى بداية عهد جديد فى تربية المحاصيل الخلطية عادة والذرة خاصة

والطريقة التى لقترحها shull 1909 للاستفادة من ظاهرة قوة الهجين بانتاج سلالات نقية ثم تهجين افضله لاعطاء الذرة الهجين تحتاج الى وقت طويل لانتاج السلالات كما انها كانت طريقة مكلفة لان البذرة الهجين تتكون على سلالة نقية قليلة المحصول

كما ان نصف الحقل فقط يكون مزروع بنباتات الام والنصف الاخر منزرع بنباتات الاب مما يؤدى الى صغر كمية التقاوى الهجين الناتجة من وحدة المساحة وارتفاع تكايف انتاجها.

واعتقد الكثير انها طريفة غير عملية الى ان جاء Jones سنة 1981 واقترح استعمال الهجن الزوجية وبذلك انخفضت تكاليف نفقات انتاج الذرة الهجين لان الذرة الهجين تتكون على نباتات هجين فردى عالية المحصول.

وقد زرع اول هجين فردى عام 1921 وبالرغم من ذلك لم يتوسع فى زراعة الذرة الهجين الا حوالى عام 194 والسبب فى ذلك هو تباطى المربين فى انتاج الشلالات النقية واختبارها للتاكد من جودة قدرتها على الأتلاف . ومن سنة 1936 حتى 1945 ارتفعت المساحة المنزرعة من الذرة الهجين من 5% الى اكثر من 90% فى امريكا وفى مصر بأت وزارة زراعة بتوزيع حوالى 2600 اردب من بذرة ذرة الهجين تكفى لزراعة 1% من المساحة عام 1953 وقد كان المشروع تقييم التقاوى المنقاة اثر فعال فى ذيادة نسبة المساحة المنزرعة من الذرة الهجيت الى ان بلغت حوالى 12% عام 1957 وتقدر كمية تقاوى ذرة الهجين الازمة لزراعة 1.6 مليون فدان ذرة فى مصر بحوالى 200الف اردب على اساس زراعة الفدان بكيلة ونصف ويلزم لانتاج هذة الكمية حوالى 3 الاف فدان

الخطوات المتبعة فى انتاج تقاوى الذرة الهجين

يمكن اجمال هذة الخطوات فى الاتى

انتاج السلالات النقية

اختيار السلالات لانتخاب اكثرها قدرة على الأتلاف بغيرة من السلالات

اجراء الهجين بين السلالات المنتقاة لانتاج البذرة الهجين

انتاج السلالات النقية

– طريقة التربية الذاتية و الأنتخاب

عادة يبدأ برنامج التربية الذاتية لانتاج السلالات النقية أما بحبوب مختلفة من على كوز واحد أو بحبوب من عدة نباتات تمثل صنفا تجاريا واحد أو بحبوب من عدة نباتات تتبع عدة اصناف تجارية

وفى بعض الحالات يبدأ البرنامج بحبوب من أجيال انعزالية (جيل ثانى او ثالث) لهجن فردية او زوجية وعموما كلما بعدت القرابة الوراثية بين السلالات ذاد محصول هجينها فمثلا الهجين الناتج من سلالتين من الصنف الامريكانى بدارى يكون أقل محصول من الهجين الناتج من سلالتين احداهما من الامريكانى بدرى والاخر من ناب الجمل لذلك ينصح البدء ببرنامج التربية الذاتية على نباتات من مصادر متعددة

ومختلفة وراثيا حتى يكون الاختلاف بين السلالات الناتجة كبيرة وتتلخص طرق استنباط السلالات فيما يلى:

1 – تنتخب افضا النباتات فى الحقل من حيث القوة او المقاومة للامراض والحشرات على ان يكون كيزانها مناسبة فى الحجم وأن تتصف هذة النباتات بصفات المرغوب توافرها فى الهجين ثم ياخذ كيزان كل نبات وتعتبر بذرة so

2- يزرع من كل كوز 10 جور وفى بعض الحالات يزرع جورة من كل كوز ثم يجرى الاخصاب الذاتى لاتقل نباتات الخلط أو الجورة وذلك لانتاج بذرة S1 وتكرر هذة العملية مع مرعاة انتخاب افضل النباتات قبل الحصاد حتى تصلاجيال الاخصاب الذاتى الى خمسة أو سبعة اجيال ذاتية اى S5 الى S7 وبذلك يكون قد حصلنا على سلالات أصيلة فى عوامله الوراثية الى درجة كافية من الناحية العملية وقوية فى نموها نتيجة لاستبعاد العوامل المتنحية الضارة الاصلية من تركيبها الوراثى

وقد يصل انتاج تقاوى السلالات النقية الى مايقرب من نصف انتاج الصنف أو الهجين الذى نتجت منة بالاخصاب الذاتى

ورغم حرص المربى على انتخاب النباتات القوية النمو عالية المحصول والمقاومة للرقاد والامراض والحشرات وذات اللون الاخضر الداكن والتورات المذكره القويه والخالية من اى تشوهات فان هذا لايعنى ان السلالات الناتجة ذات قدرة عالية على الأتلاف مع سلالات اخرى لكى تعطى هجنان ممتازة

وعادة يدل اختيار قدرة السلالات على الأتلاف على ان نسبة ضئيلة من هذة السلالات الناتجة تكون ذات قدرة عالية على الأتلاف وتقر هذة النسبة بحوالى 1-2 % من السلالات الناتجة . ولاتخلو اى سلالة من السلالات المستعملة حاليا فى انتاج الهجن فى العالم من نفص فى صفة او اكثر من الصفات المرغوبة رغم المجهود الكبير الذى يبذل فى انتاجها ويرجح Lindstrom السبب فى عدم الحصول على سلالة تحمل كل الصفات المرغوبة الى الاسباب الأتية :

كبر عدد العوامل الوراثية التى تتحكم فى وراثة كل الصفات المرغوبة

تاثير البيئة الذى يؤدى فى كثير من الحالات الى اخفاء التراكيب الوراثية الحقيقية لنبات

<u>عيوب فى طرق عزل السلالات وتقيمها</u>

والسلالات الناتجة بطريقة التربية الذاتية يطلق عليها اسم Inbred lines وهى ليست سلالة نقية تماما Pure line مثل السلالات الناتجة عن مضاعفت النباتات أحادية Homo ploides التى اقترحها Chase , Seaney والتى سنشرحها فيما بعد

وعلى الرغم من ان انتاج السلالات بطريقة التربية الذاتية تحتاج وقت طويل وجهدا شاق فانها ماذالت هى الطريقة التى تنتج منها الغالبية الظمة من السلالات التى تدخل فى تكوين هجيت الذرة المزروعة فى العالم كما انه ماذالت اكثر طرق استنباط السلالات النقية اتباعا حتى وقتنا هذا

<u>- طريقة مضاعفه النباتات الأحادية</u>

اقترحChase , seaney استعمال هذة الطريقة للحصول على سلالات نقية فى وقت قصير ولتوفير المجهود الذى يبذلة مربى الذرة فى انتاج سلالات بطريقة الاخصاب الذاتى . ولتفادى الصعاب التى تعترض المربى فى اتباع هذة الطريقة فمثلا ما يعجز المربى عن الاستمرار فى برامج الاخصاب الذاتى لعدد كبير من السلالات اما لضعفها الشديد أو لعقمها وفى كثير من الحالاتبعد ان يبذل المربى جهد كبير فى اتباع السلالات يتضح لة ان اغلبها عديم القيمة فى اتناج هجن ممتازة فيستبعدبها

والاساس العلمى الذى بنيت علية هذة الطريقة هو ان بعض الاجنة تتكون بدون اخصاب من خلية نتجت عن انقسام اختزالى ولذلك يكون عدد كروموسومات خلايا هذا الجنين مختزلا الى الصنف اى ان الجنين يكون احادى Monoploiewd وعند زراعت هذة الاجنة وتركها حتى التزهير لوحظ ان بعض انسجتها يحدث بة تضاعف ويصبح ثنائى Diploied وقد ينشاء عن هذة الانسجة جاميطات مذكرة او مؤنثة

وبذلك يمكن اخصاب مثل هذة النباتات اخصاب ذاتيا والحصول على نبات ثنائى اصيل 100% ولايمكن الحصول على هذة الدرجة من التأصل بطريق الاخصاب الذاتى وحدها

اما الخطوات التى يمكن بها التعرف على النباتات الاحادية فهى بتلقيح نباتات صنف تجارى بحبوب لقاح صنف يحمل عوامل وراثية كشافة Marker genes مثل عامل الاليرون البنفسجى والنبات البنفسجى فالبذرة التى لايظهر فيها اللايرون البنفسجى تكون لقحت بحبوب لقاح غريبة فتستبعد اما الحبوب ذات اللون البنفسجى فتزرع فى الصوبة واذا تكونت جذور بادراتها باللون البنفشجى دل ذلك على ان اللجنين ثنائى فتستبعد والبادرات البادية التى لاتتلون جزورها باللون البنفسجى تكون ناتجة عن جنين احادى ينتج من بويضة نجح فيها اخصاب النواتين القطبيتين فأعطت الاندوسبرم البنفسجى ولم يتم اخصاب الخلية البيضية فتنتج عنها الجين الاحادى ويفحص خلايا جزورها لتأكد من احتوائها على عدد احادى الكروموسومات ثم تنقل هذة البادرات الاحادية اتلى الحقل وتطرق حتى التزهير لتكبر نوراتها المذكرة والمؤنثة وتفحص حبوب لقاحها لتاكد من حيويتها ثم يجرى اخصابها ذاتيا وحبوب الذرة المتكونة عند انباتها تعطى نبات اصيل يمكن اعتبارة اساس السلالة النقية

اما عيب هذة الطريقة هو قلة نسبة حدوث النباتات الاحادية فى الطبيعة(001.) كما ان عشر هذة النباتات فقط يكون حبوب لقاح ويمكن اخصابة هذا بالاضافة الى ارتفاع نسبة موت البادرات الاحادية كما انة من المحتمل فقد الكثير من هذة النباتات نتيجة لشؤ التقدير أو الخطء فى الفحص الفسيولوجى لذلك وجد Seaney ان التاخير فى تلقيح واستعمال محلول الكلوشيسين Colochesen بتركيز 5. % يساعد على رفع نسبة الافراد التى يحدث بها تضاعفات لعدد الكروسومات وبذلك ارتفعت نسبة النباتات التى يمكن الحصول عليها من 0006. الى 0035. والسلالات الناتجة بهذة اتلطريقة لاتختلف فى قدرتها الائتلافية عن السلالات الناتجة بطريقة الاخصاب الذاتى والانتخاب

(ج) - طريقة الانتخاب الاجمالى Recurrent selection

اقترح Jenkiins هذة الطريقة 140 لانتاج سلالات الذرة و الاساس العلمى لهذة الطريقة هو ان الانتخاب بين العائلاتالمختلفة يكون اكثر فاعلية من الانتخاب داخل العائلات كما انة يمكن معرفة قدرة السلالة على الائتلاف فى اجيالالتربية الذاتية المبكرة

وتتلخص الطريقة فى انتخاب عدد كبير من النباتات الممتاذة الصفات من صنف تجارى مفتوح التلقيح ثم اخصاب كل نبات ذاتيا وفى نفس الوقت تهجينة بصنف تجارى اخر او صنف كشاف ثم تزرع البذرة الذاتية الناتجة من كل نبات فى خط مستقل كما تزرع البذرة الهجين لكل سلالة فى تجارب مقارنة المحصول وأفضل السلالات تهجين نباتاتها الذاتية مع بعضها لتعطى بذرة تعتبر اساس لجراء دورة اخرى او اكثر من الانتخاب ثم انتخاب سلالات بتربيتها ذاتيا من البذرة الهجين الناتجة وهناك طرق اخرى تتبع فى انتاج السلالات قبل طريقة انتخاب الجاميطات ولا داعى لشرحها هنا

اختبار مقدرة السلالات على الأتلاف

المقصود بالقدرة على الائتلاف هو ان يكون لسلالى القدرة غلى اكساب عوامل صفة كمية المحصول العالي والصفات الهامة الاخرى الى الهجن التى تدخل في تركيبها . وهى تربية برنامج انتاج السلالات النقية يكون لدى المربى عدد كبير جدا من السلالات وبأ استنقاء افضلها او اكثرها قدرة على الائتلاف لاستعمالها فى هجنة ويمكن البدء فى هذة الاختبارات فى المراحل المبكرة من الاخصاب الذاتى (بعد جيل او جيلين من الاخصاب الذاتى) الا انة وجد ان قدرة الائتلاف لا تتغير كثيرا بقيمة التاصل العوامل الذى يحدث بالاخصاب الذاتى المستمر والذى يلجأ الية المربى للمحافظة على السلالة بحالة نقبة من سنة الى اخرى والبدء بالاختيارات مبكرا يساعد على التخلص من الكثير من السلالات الغير مرغوبة فى مراحل مبكرة من برنامج التربية فيوفر الكثير من الجهد والنفقات

وعادة تختبر السلالات فى الثلاثة اختبارت الاتية :

الهجن القمية Top crosses

الهجين القمى هو هجين بين سلالة نقية وصنف تجارى كشاف ويكون عدد الهجن التى يمكن اجرائها مساويا لعدد السلات ويجرى هذا الاختبار بزراعة السلالة المراد اختبارها مع الصنف الكشاف Tester ثم تزال نورات السلالات النقية المذكرة وبذلك فان الحبوب التى ستكون على هذة السلالات تكون ناتجة عن تلقيحها بحبوب لقاح من الاب الكشاف

ونظما لعدم تماثل التركيب الوراثى لجاميطات الاب الكشاف فان السلالة التى تعطى هجيتها معه محصولا كبيرا تعتبر سلالة لها القدرة على ائتلاف مع عدد كبير من التراكيب الوراثية وهو مت يطلق القدرة العامة على الائتلاف General combined ability وبعد الحصول على الحبوب الهجينية تقارن الهجن القمية مع بغضها فى تجارب مقارنة المحصول لمعرفة السلالات التى تعطى اعلى محصولا وانتاجا واستبعاد باقى السلالات . وعادة ما يستبعد ما يقرب من نصف عدد السلالات نتيجة لهذا الاختبار

2- الهجن الفردية لاختبار القدرة الخاصة على الائتلاف Specific compining ability

يجرى هذا الاختبلر بتهجين كل سلالة نقية بسلالة نقية اخرى ولو فرضنا ان عدد السلالات النقية المتبقية من الهجن القمية اربعة أ ، ب ،ج ،د فان الهجن الفردية Singl crosses التى يمكن اجرائها هى (أ x ب) ، (أx ج) (أ x د) (ب x ج) و (بx د) (جx د) اما اذا كان عدد السلالات كبير فيمكن معرفة عدد الهجن الفردية من المعادلة ن (ن-1) / 2 ففى حالت 10 سلالات يكون عدد الهجن الفردية 10 X 9 / 2 = 45 هجين فردى اما الحالات التى يكون فيها عدد السلالات المراد اختيلرها كبير فتقسم الى مجاميع تتكون كل مجموعة من 10 سلالات تعمل بينها كل الهجن الفردية الممكنة فمثلا اذا كان المراد مقارنة 5 سلالات فان عدد الهجن الفردية 5 x 4 / 2 = 1225 هجين وهو عدد كبير من الهجن يصعب اجراءه من الناحية العملية كما يكاد يكون من المستحبل مقارنتها ببعضها فى تجربة حقلية اما اذا قسم هذات العدد خمسة مجاميع تحتوى كل منها على 10 سلالات فان عدد الهجن الفردية التى تعمل يكون 45 x 5 = 225 هجين وهو عدد يسها تهجيته ومقارنتة . وعادة يقوم المربى بزراعة السلالات ويقوم باجراء جميع الهجن الفردية المراد اجرائها بعيدة ثم تستعمل البذور الهجينية فى زراعة تجربة مقارنة الهجن الفردية . ويتعمل محصول الهجن الفردية فى غرضين الاول : هو معرفة اعلى الهجن الفردية محصولا والثانى : - هو التنبؤ بمحصول الهجن الزوجية التى يمكن اجرائها من عدد معين من السلالات النقية التى دخلت فى تكوين اتلهجن الفردية

الهجن الزوجية Double crosses

الهجين الزوجى هو هجين بين هجينين فرديين اى انة ينتج عن اربعة سلالات ويمكن معرفة عدد الهجن الزوجية التى يمكن عملها من (ب) من السلالات من المعادلة ن (ن-1) (ن-2) (ن-3) /8 فمثلا عدد الهجن الزوجية التى يمكن اجرائها فى حالة 10 سلالات هو 10x9 x 8 x 7 /8 = 63 هجين فردى

والجدول التالى يبين عدد الهجن القمية والهجن الفردية والهجن الزوجية الممكن اجرائها فى حالة (ب) من السلالات

عدد السلالات = (ب)	عدد الهجن القمية = ن	عددالهجن الفردية= ن(ن-1) /2	عددالهجن الزوجية ن(ن-1) (ن-2) (ن-3) /8
4	4	6	3
6	6	15	45
10	10	4500	63

5	5	245	69095
100	100	495	117636075

يتبين من الجدول انة من المستحيل اجراء جميع الهجن الزوجية المطلوب اجرائها لذلك كان من الضرورى التنبؤ بمحصول الهجن الزوجية قبل اجرائها وعدم اجراء الهجن الزوجية المنخفضة المحصول و والاكتفاء بعمل الهجن التى يبين التنبؤ انها عالية المحصول للتأكد عمليا من ارتفاع محصولها

التنبؤ بمحصول الهجن الزوجية

اذا فرضنا ان لدى المربى 4سلالات نقية هى أ و ب و ج و د وانة يمكن اجراء 6 هجن فردية هى (أxب) و (أxج) و (أxد) و (بxج) و (بxد) و (جxد) وان الثلاث هجن الزوجية الممكن اجرائها هى (أx ب) (جxد) (أxج) (بxد) & (أx د) (أxج) فيمكن التنبؤ بمحصول اى هجين زوجى من محصول الاربعة هجن الفردية التى لم تدخل فى تركيب الهجين الزوجى

مثال :

اذا كان محصول الستة هجن الفردية الممكن الحصول عليها من الاربع سلالات أ و ب و ج و د

أXب 45 وحدة ب xج 37 وجدة أXج 40 وجدة ب xد 48 وحدة أ xد 35 وحدة جxد 50 وحدة

فان محصول الهجين الزوجى (أXب) (جxد) هو 40+ 35+37+48 /4 = 40

والاساس العلمى لهذة الطريقة هو انة لو افترضنا ان التراكيب الوراثية اللاربعة سلالات هى :

أ) AA bb cc dd ee ب) aa BB cc DD ee ج) aa bb cc DD EE د) DD ee AA BB CC

ولسهولة سنكتفى بشرح توزيع العوامل الوراثية بالنسبة للموقع الاول الذى يشغلة زوج العوامل Aa

فى الهجين الفردى أ xب سيكون التركيب الوراثى Aa وفى الهجين الفردى جxد سيكون التركيب الوراثى Aa وعللا ذلك فالتركيب الوراثية التى يمكن الحصول عليها فى الهجين الزوجى (أ x ب) (جX د) يمكن معرفتة من الجدول التالى :

	a	A
a	aa	aA
A	Aa	A
		A

وهذ التراكيب هى التراكيب الوراثية للاربعة هجن الفردية الاخرى التى لم تدخل فى الهجن الزوجية موضع الاختبار وهى التراكيب الموضحة بالجدول . وقد دلت التجارب على مطابقة المحصول المتنباء بة للمحصول الذى يمكن الحصول علية عمليا وبالرغم من ذلك فلابد من عمل افضل الهجن الزوجية ونقاوتها والتاكد من جودة محصواهل قبل استعمالهل تجاريا وهناك طرق اخرى للتنبؤ بمحصول الهجن الزوجية ناقشها Jenkines سنة 1934 أهمها

التنبؤ بمحصول الهجن الزوجية من متوسط محصول الستة هجن الفردية التى يمكن اجراءها بين الاربعة سلالات المكونة له

متوسط محصول الاربعة سلالات المكونة له محسوبا من جميع الهجن الفردية التى دخلت فى انتاجها

متوسط محصول الاربعة سلالات المكونة له محسوبا من محصول هجنها القمية

الا ان الطريقة التى سبق شرحها وهى متوسط محصول الاربعة هجن الفردية التى لم تدخل فى تكوينة تعتبر افضلها

ومن نتيجة التنبؤ يمكن تحديد الهجن الزوجية التى ستعطى اعلا محصولا ويقوم المربى باجرائها عمليا ومقارنة التقاوى الهجين الناتج عنها . والهجن الزوجى الذى يكون اعلاها محصولا تتخذ الاجراءات

الكفيلة بانتاج تقاوية وذلك باكثار الاربعة سلالات المكونة له وعمل الهجينين الفرديين اللازمين ثم تهجينها مع بعضها لانتاج تقاوى الهجين الزوجى

خطوات انتاج تقاوى الذرة الهجين تجاريا

بعد ان تحقق المربى من ان احد الهجن الزوجية اعلى محصولا من الصنف التجارى المزروع فى المنطقة او الهجن الزوجية التى سبق استعمالها فى المنطقة تصبح مهمته بعد ذلك انتاج الخطوات الكفيلة باكثار السلالات النتقية ثم عمل الهجن الفردية ثم الهجن الزوجية وتوزع بذورها على الزراع وفيما يلى ملخص لكل من هذة الخطوات

1- اكثار السلالات النقية :

يتكون اى هجين زوجى من 4سلالات نقية مختلفة لذلك يجب العمل على اكثار كل من

تكرار العوامل الوراثية والتوازن فى العشائر

اولا تكرار العوامل الوراثية Gene frequency

انه لمن الثابت ان النتائج التى حصل عليها مندل كانت على اساس التوزيع الحر المتساوى للعوامل الوراثية المتفارقة (السائدة-المتنحية) فى حالة التزاوج بمحض الصدفغة ودون تحكم فى الانتخاب بمعنى الفرد الذى يحمل التركيب الوراثى (Aa) سيعطى نوعين من الجاميطات احداهما تحتوى على العامل السائد (A) والاخر على العامل المتنحى (a) بنسب متساوية اى ان النسبة بين A : a هى كنسبة 1:1

وعند تزاوج افراد هذة المجموعة الخليطة فى تركيبها الوراثى فان الجيل التالى يتكون من ثلاثة فئات مختلفة هى 1AA : 2Aa : 1aa بنسبة 1 : 2 : 1 على الترتيب

هذا واذا اردنا معرفة تكرار او نسبة وجود كل من العامل السائد A والمتنحى a فى مثل هذة العشيرة فاننا نلاحظ الاتى

وجود 4 اليلات سائدة (A) اثنان فيها من الفرد السائد الاصيل (AA) واثنان من الفرد الخليطين (Aa)2

وجود 4 اليلات متنحية هى a اثنان من الفرد المتنحى (aa) واثنان من الفرد دين الخليطين (2Aa)

اى ان نسبة وجود كل من فردى هذا الزوج الاليلى فى هذة العشيرة هو 4A : 4a اى بنسبة 1:1 وعلى ذلك فان توزيع افراد الجيل الثانى ستكون بنفس التوزيع الاول وفى تحول اخر اذا فرضنا ان عدد افراد العشيرة = N

الافراد التى تحمل التراكيب الوراثي السائد الاصيل (AA) = D

الافراد التى تحمل التراكيب الوراثي المتنحى الاصيل (aa) = R

الافراد التى تحمل التراكيب الوراثي السائد الخليط (Aa) = H

فيمكن تمثيل العشيرة فى هذة الحالة كالاتى

AA+Aa+aa = Total

D+H+R = N

وبالمثل اذا اريد معرفقة تكرار كلامن فردى هذا الزوج الاليلى فى هذة العشيرة فاننا نجد انه من الرغم من ان هناك ثلاث فئات عاملة فان هناك نوعان فقط من العوامل الوراثية هما (A) و (a) لمجموع العوامل فى العشيرة وهى فى حالتنا هذة 2N وذلك باعتبار عدد الافراد N كما سبق الذكر. وان كل فرد يحتوى على فردين لهذا الزوج الاليلى والمراد معرفته الان هو كم مجموع هذة العوامل سائد وكم فيها متنحى .

ولمعرفة ذلك يجدر بنا ان نعلم ان الفرد السائد AA يحتوى على عاملين A والفرد السائد الخليط يحتوى على عامل سائد واحدA والعدد الكلى لهذا العامل فى هذة المجموعة من الافراد AA, Aa هو

2D+H

ويكون تكرار هذا العامل فى العشيرة = $\frac{2D+H}{2N}$ او $\frac{D+0.5H}{N}$

وكذلك فان العدد الكلى للعامل a فى الافراد المحتوية عليه aa, Aa هو 2R+H وتكراره فى العشيرة
2R+H او R+0.5H ولتوضيح السابق نورد المثال العددى الاتى
N 2N

126 نبات ازهارها حمراء اللون
90 نبات ازهارها قرمزية اللون
20 نبات ازهارها بيضاء اللون
احسب عدد العوامل السائدة والمتنحية فى هذة العشيرة وكذا تكرارها النسبى مع ملاحظة ان السيادة فى هذة الحالة غير تامة
الحلالعدد الكلى لافراد العشيرة N = 126+90+20 = 236 نبات
العدد الكلى للعوامل بفرضشض وجود فردين منها فى تلركيب كل نبات 2N = 236*2= 472
تمثل الفئات العاملة للفئات المظهرية كالاتى
بيضاء : قرمزية : حمراء
20 90 126
اذا تكرار R فى العشيرة = 2D+H = 252+90 = 342 = 0.75 او = D+0.5H = 126+45 =
2N 472 472 N 236

0.75 = 171 =
236
وبالمثل فان تكرار r = 2R+H = 40+90 = 0.25 =
2N 472
ومن يتضح ان توزيع الاليل السائد فى العشيرة كان ثلاث اضعاف توزيع الاليل المتنحى كما ان مجموع تكرارات العاملين A,a اصبح = 0.75+0.25= 1
وفى الحالات المندلية افترض ان توزيع الاليل السائد والمتنحى تكون بنسبة 50% اى ان مجموعهخا يساوى الواحد الصحيح
ويمكن ان ترمز لتوزيع العامل السائد A بالرمز P وللعامل المتنحى a بالرمز q وعلى ذلك يكون توزيع الاليلين فى العشيرة ممثلبا فى المعادلة التالية
1=P+q
كما يتضح انه لمقارنة توزيع كل من العاملين السائد والمتنحى فى العشيرة فى هذا المثال وتوزيعهما فى حالة الفروض المندلية نجد ان الاختلاف فى تكرار الاليلين او العاملين هو السبب فى اختلاف توزيع الافراد السائدة والمتنحية فى العشيرة عن التوزيع المندلى المضاد وعلى اساس ان p+q = 1 فانه اذا عرف تكرار الاليل A (P) فانه يمكن معرفة تكرار الاليل (a) q بالمعادلة التالية
q = 1-p p = 1-q
وكذلك معرفة تكرار العامل A عن طريق معرفة تكرار العامل a
كما يمكن معرفة توزيع الافراد الحاملة للتراكيب الوراثية الثلاثة كما المنعزلة كما يلى
(P+q)2 = 1
P2+2pq+q2 = 1
AA+2Aa+aa =1
ويطلق على هذة المعادلة قانون هاردى واينبرج 1908

تمارين محلولة على التكرار النسبى

اوجد تكراركل من العامل A والعامل a فى العشيرة الاتية من النباتات مبينا مدى انطباق قانون هاردى واينبرج على هذة العشيرة

AA	Aa	aa
2	12	26
p2	2pq	q2

عدد افراد العشيرة = 26+12+2 = 40

2- تكرار العامل A (p) = 6+26 = 0.8
40

بما ان p+q= 1 اذا 0.2+0.8= 1

1- نسبة وجود AA فى العشيرة = 20 = 0.05
40

2- نسبة وجود Aa فى العشيرة =12 = 0.3
40

3- نسبة وجود aa فى العشيرة = 26 = 0.65
40

1.00

AA+2Aa+aa = 1

P2+ 2pq+ q2 = 1

0.05+0.30+0.65 = 1 اذا قانون هاردى واينبرج منطبق على هذة العشيرة وصحيحا

التمرين الثانى فى عينة من عشائر النباتات الخليطة التلقيح حصلنا على التراكيب الاوراثية التالية AA Aa aa بنسبة 20 : 10 : 70 اثبت ان التكرار العاملى فى هذة العشيرة ينطبق على نسبة 3: 1

الحل

عد افراد العشيرة = 20+10+70 = 100

تكرار A = 5+100/7= 0.75

تكرار a = 5+100/20= 0.25

نسبى تكرار A : نسبة تكرار a = 0.75:0.25 وهى نسبة 1:1

ثانيا التوازن الوراثى فى العشائر

العشائر الخليطة يقصد بالتوازن الوراثى فى العشائر هو محافظة العشائر على تكرار العوامل السائدة والمتنحية من جيل الى جيل عند تزاوجها فى الطبيعة ويشترط لتحقيق هذا التوازن توفر الشروط الاتية

ان يكون عدد افراد العشيرة كبير نسبيا

ان يكون التزاوج فيما بين افرادها اعتباطيا ومحض الصدفة

ان يكون حدوث الطفرة من الاليل السائد الى المتنحى او العكس معدوما او نادر الحدوث واذا حدثت تكون متساوية فى الاتجاهين

ان تكون الافراد ذات التراكيب الوراثية الثلاثة الناتجة aa , Aa , AA متساوية فى قدرتها على البقاء والتناسل

ويمكن تمثيل هذا التوازن فى العشائر خليطة الاخصاب كما يلى:

اولا فى حالة زوج واحد من العوامل الوراثية

يمكن التعبير عن توزيع الافراد الحاملة للتراكيب الوراثية الثلاثة الناتجة من التزاوج كما يلى

P2 + 2pq + q2 = 1

AA+ 2Aa+ aa = 1

وفى حالة التعويض عن قيمة p فى المعادلة السابقة ب (1-q) فان المعادلة تصبح بالشكل التالى

(1-q)2+2q(1-q)+q2 وهذة المعادلة يمكن كتابتها بالشكل التالى (1-q+q)2

اى ان المعادلة الاصلية عبارة عن مفكوك المعادلة ذات الحدين ويجب توافر الشروط السابق ذكرها حتى تنطبق المعادلة الممثلة للتوازن الوراثى الحادث فى الطبيعة فى العشائر جيلا بعد جيل

مثال بين كيف يمكن ان يتم التوازن الوراثى فى اى عشيرة خليطة تتوفر بها الشروط السابقة

الحل

الخطوة الاولى

هو معرفة توزيع افراد العشيرة فى الجيل الاول يفترض وجود عشيرة خليطة التلقيح ويمثل تكرار الاليل السائد A بالرمز p وتكرار الاليل المتنحى a بالرمز q حيث p+q=1

اذا توزيع الاليل السائد 1-q = A

واذا تم اتحاد ازواج العوامل بمحض الصدفة فالنه يمكن ان تتواجد التراكيب الوراثية التالية وبالاحتمالات الموضحة بعد:

1- احتمال توافق اتحاد جاميطة تحمل احد كروموزوماتها العامل السائد A باخرى مماثلةلتعطى التركيب AA

(1-q)2 =(1-q)(1-q)

2- احتمال توافق اتحاد جاميطة تحمل احد كروموزوماتها العامل السائد A باخرى تحمل العامل المتنحى a

♂ A(1-q)×a (q) =q(q-1)

♂ (q)×A(1-q) =q(1-q)

اى ان تكرار الفئة العاملية الخليطة (Aa) = 2q (1-q)

3-احتمال توافق اتحاد جاميطات تحمل كل منها اليل متنحى a لتعطى افرادها تركيبها aa

q2 = q × q = a× a

اى ان توزيع افراد العشيرة سيكون فى الجيل الاول بالشكل التالى

(1-q)2 (AA)+ 2q(1-q)Aa+(q)2aa

كما يمكن تكوين الافراد والمعادلة ايضا من المربع الشطرنجى بالشكل التالى

	A (1-q)	(a) q
(A) 1-q	AA (1-q)2	Aa q(1-q)
(a) q	Aa q(1-q)	Aa (q)2

الخطوة الثانية

معرفة توزيع افراد العشيرة فى الجيل التالى فاذا فرضنا ان كل فرد سيعطى جاميطات لعدد متساوى فان الافراد الاصيلة (AA) ستعطى دائما جاميطات تركيبها A والافراد الاصيلة aa ستعطى دائما جاميطات تركيبها a واما الافراد الخليطة فتعطى جاميطات تمثل فيها النوعين بعدد متساوى تعطى جاميطات بها الاليل A واخرى الاليل a وعلى ذلك يكون تكرار الاليلات فى الجاميطات التى يتكون الجيل التالى بالشكل التالى

تكرار الاليل A = (1-q)2 من التراكيب الاصيل AA + 1-q من التركيب الخليط Aa

q×(1-q)(1-q)2

(q-q2)+(1-2q+q2)

q-q2+1-2q+q2= 1-q

وبالمثل فان تكرار الاليل q = q2 من التركزيب الاصيل aa + q(1-q) من التركيب الخليط Aa

q-q2+q2=q

اى ان تكرار فردى الزوج الاليلى A,a فى الجاميطات المكونة للجيل الثانى يكون مساويا لنفس تكراتر جاميطات الجيل الاول وعلى هذا فانه يمكن ان تحافظ العشيرة على تكرار الاليلين الذين ستكون فيها افراد

الجيل الثالث والاجيال التالية ولكن بشرط توفر الشروط السابقة وان تركيب العشيرة الخليطة لزوج واحد من الاعوامل يمكن تمثيله دائما بمعادلة هاردى واينبرج السابقة

تمرين :- حاول ان تفرض ان تكرار الاليل السائد = 0.75 مرة واخرى 0.25 واخرى 0.5 وحاول ان تثبت فى كل حالة ان التوازن سيظل موجودا طبقا للفرض

الموضوع بنفس الكيفية السابقة

ثانيا فى حالة زوجين منم العوامل

اذا افترضنا وجود زوجين من العوامل والتى تتوزع توزيعا حرا فان توزيع التراكيب الوراثية فى العشيرة = حاصل ضرب المعادلة الخاصة بتوزيع تراكيب فردى الزوج الاليلى الاول A,a × المعادلة الخاصة بتوزيع تراكيب فردى الزوج الاليلى الاخر B,b ويمكن استخراج التراكيب الوراثية المختلفة واثبات ان مجموع توزيعها يساوى واحد صحيحكما هو موضح فى الامثال التالى

مثال:

اذا افترضنا وجود عشيرة خليطة التلقيح وينطبق عليها كل الشروط التى يجب توافرها لحدوث التوازن حسب معادلة هاردى وانه يوجد اثنين من ازواج العوامل الحرة وان توزيعها كالاتى

0.6 بالنسبة للاليل a 0.4 بالنسبة للاليل A

0.7 بالنسبة للاليل B 0.3 بالنسبة للاليل b

[q1A+(1-q1)]2 [q2B+(1-q2)b]2 =1

[q12 AA +2q1A (1-q1)a+(1-q1)2aa] [q22BB+2q2B(1-q2)+(1-q2)2bb] = 1

[q12 AA+ q22BB+2 q12 AA q2B (1-q2)b+ q12 AA (1-q2)2bb+2q2A(1-q1) a]

q22BB+2q1A(1-q1a)2q2b(1-q2)b+2q1A(1-q1)a(1-q2)2bb+(1-q1)2aa

q22BB+2(1-q1)2aa q2B(1-Q=[q22BB+2q2B(1-q2)b+(1-q1)2aa (1-q2)2bb] = 1

هذه السلالات بمعزل عن الأخرى ويجب أن تكون مسافة العزل بين السلالات كافية لعدم حدوث اى إخصاب خلطى بينها .وعادة فأن مسافة 400متر تعتبر مسافة عزل كافية.

وإذا أمكن توفرها لا داعي لإجراء الإخصاب الذاتي صناعياً باليد

وإذا تعذر إجراء العزل البيني فيمكن إجراء عزل زمني أي تزرع كل سلالة في موعد يختلف عن الأخرى بحيث يختلف موعد تزهير كل منها .

و بديهي أنه يجب التأكد من عدم وجود زراعات ذرة مجاورة أو على بعد أقل من 400متر حتى نضمن عدم حدوث تلقيح خلطي.

ويرى بعض مربون النباتات أنه في حالة إتباع العزل الزمني يجب أن يختلف موعد زراعة حقل كل سلالة عن الأخرى بمدة لا تقل عن 30يوم .ويفضل أن تكون البذرة المستعملة فى زراعة حقل إكثار السلالة ناتجة عن تلقيح ذاتى باليد لتقاوي اى احتمال للخلط .أما حقل إكثار السلالة نفسه فلا داعى لأجراء الإخصاب الذاتى فيه باليد .بل تترك نباتاته تلقح بعضها)تلقيح أخوه (إذا لا ضرر من ذلك طالما أنها متماثلة فى تركيبها الوراثى .

-2 إنتاج تقاوى الهجين الفردى -:

يلزم لإنتاج كل هجين فردى سلالتين وعلى ذلك يجب تخصيص حقل لإنتاج تقاوى كل هجين فردى من الهجينين المستعملين فى إنتاج تقاوى الهجن الزوجى.

ويجب أن تكون مسافة العزل بين حقلى أنتاج الهجينين الفرديين حوالى 300متر .وفى حقل الهجين الفردى تختار السلالة الوافرة المحصول لاستعمالها كأم والسلالة الأخرى تستعمل كأب ولو فرض وتساوت قدرة السلالتين الإنتاجية فتستعمل السلالة الأوفر فى حبوب لقاحها كأب.

وعادة يزرع خطين من السلالة ألام وخط من السلالة الأب أو أربعة خطوط أم وخطين أب وعند بدء التزهير وقبل أن تنتشر حبوب اللقاح تزال النورات المذكرة من نباتات ألام يومياً.
وفى الحالات التى يوجد فيها نباتات من السلالة ألام متأخرة جداً فى إخراج سنابلها يقلع النبات بأكمله بعد موعد يحدده المربى لإنهاء عملية إزالة النورة المذكرة وتوفير نفقته .وعادة تستمر عملية إزالة النورة المذكرة حوالى 15يوم بمعدل عامل يومياً للفدان وفى الأيام التى يصل فيها التزهير إلى قمته قد يحتاج الفدان 2إلى 3عمال .
ويجب أجراء هذه العملية بمنتهى الدقة للتأكد من عدم حدوث أى إخصاب ذاتى وبديهى أن استعمال السلالة الأم من السلالات التى تحمل عامل العقم الذكرى السيتوبلازمى سيوفر نفقات عملية إزالة النوره المذكرة كما أنها ستكون أكثر دقة وعادة تجمع كيزان نباتات الأم لاستعمالها فى إنتاج الهجن الزوجية.
أما كيزان نباتات الأب فتستعمل بذورها تجارياً للاكل.

(3إنتاج تقاوى الهجين الزوجى -:

تستعمل أحد الهجن الفردية كنبات أم ويفضل أن يكون الهجين الفردى المستعمل أم عالى المحصول والهجين الفردى المستعمل كأب غزير فى حبوب لقاحه.
ويكتفى بأن تكون مسافة العزل بين حقل إنتاج بذور الهجين الزوجى وأى حقل أخر 200متر لأن المساحة التى تزرع لإنتاج بذرة الهجين الزوجى تكون متسعة وليس من السهل أيجاد حقول متسعة معزولة فى موسم زراعة الذرة.
وعادة يزرع 4خطوط من تقاوى الهجين الفردي الأم بالتبادل مع خط واحد من الهجن الفردى الأب أحيانا يزرع 6خطوط أم بالتبادل مع خطين أب وتجرى عملية تطويش النورات المذكرة بنفس الطريقة التى تجرى فى حقول إنتاج الهجن الفردية.
وعند الحصاد تحصد كيزان الأم وتباع كبذرة هجين وثمن البذور فى البذور فى مصر حوالى 200جنيه للإردب من السلالات النقية ، 50جنيه لإردب الهجن الفردية، 60جنيه ثمناً للإردب للهجن الزوجية.
وتتناسب هذه الأسعار مع ارتفاع تكاليف إنتاج كل نوع منها.
والتقاوى الهجينية التى يستعملها الزراع يجب استهلاك محصولها الناتج وعدم استعماله فى الزراعة مرة أخرى لان استعماله يؤدى إلى نقص فى المحصول يتراوح ما بين % 20 – 10لهذا يجب إرشاد المزارعين بضرورة شراء تقاوى هجن جديدة سنوياً.

تحسين السلالات النقية

مما سبق يتبين أن من أهم العوامل فى ارتفاع ثمن تقاوى الذرة الهجين هو ارتفاع ثمن تقاوى السلالات النقية وأن الوسيلة الوحيدة للتغلب على ذلك هى رفع محصول السلالات النقية .وقد لاحظ مربو الذرة أن الكثير من السلالات ذات القدرة العالية على الائتلاف يصيبها قلة محصولها نتيجة لأصابتها بمرض من الأمراض مثل الصدأ أو التفحم أو الضجعات وعلى ذلك فالوسيلة الوحيدة لتحسين محصول هذه السلالة تكون بإضافة عامل المقاومة للمرض الذى يصيبها أليها.
أسرع وأفضل طريقة لذلك هو باستعمال طريقة التهجين الرجعى السابق شرحها وبذلك نضمن أضافه العامل الى السلالة مع المحافظة على قدرة ائتلافها .كما أنه يمكن تحسين السلالات بالانتخاب داخل نباتات السلالة أذا ظهرت فيها تصنيفات وراثية ممتازة نتيجة للتهجين الطبيعى أو حدوث طفرات ممتازة أو الانعزال المتأخر لبعض الصفات .

التهجين الرجعى المتعاكس Convergent Improvement

تتبع هذه الطريقة عندما يراد رفع القدرة الإنتاجية لسلالتين تستخدمان فى إنتاج هجين فردى والأساس القطرى لهذه الطريقة هو أنه طالما أن السلالتين)أ ، ب مثلاً (يأتلفان جيداً معا فمعنى ذلك أن نقل بعض عوامل زيادة المحصول من السلالة أ إلى السلالة ب بالتهجين الرجعى سيزيد محصول السلالة)ب (

وكذلك نقل بعض العوامل من السلالة ب إلى السلالة أ سيزيد محصول السلالة أ وبذلك يزيد محصول السلالتين مع احتفاظ كل منهما بقدرتها على الائتلاف مع السلالة الأخرى .وفى بعض الحالات يرمز للسلالة المحسنة بالرمز أ والسلالة ب المحسنة بالرمز ب والشكل التالى يوضح هذه الطريقة.

سلاله أ سلاله ب

AA BB CC ddeeff X Aabbcc DD EE FF

Aa Bb Cc Dd Ee Ff

هجين

أ X ب

B 1 B 1

B 2 B 2

B 3 B 3

B 4 B 4

B 5 B 5

AA BB CC DD ee ff Aa bb CC DD EE FF

سلالة أ سلالة ب

عادة تهجن كل سلالة رجعياً لحوالى خمسة أجيال يعقبها ثلاثة أجيال من الإخصاب الذاتى لتأصل العامل المنقول ويكون التهجين الرجعى والإخصاب الذاتى مصحوبين بالانتخاب لزيادة المحصول .

إدخال صفة العقم الذكرى على السلالات

تعتبر عملية إزالة النورات المذكرة من نباتات الأمهات سواء فى إنتاج الهجن الفردية أو الهجن الزوجية من أكثر عمليات إنتاج تقاوى الذرة الهجين تكلفة.

وأمكن توفير هذه النفقات بإكساب السلالات صفة العقم الذكرى السيتوبلازمى فسيتوبلازم الزيجوت يماثل سيتوبلازم الخلية البيضية Egg Cell لأنه قادم من نبات الأم فقط يعكس الكرموسومات وأن نصفها قادم من نبات الأم والنصف الأخر قادم من نبات الأب .ويرجع العقم الذكرى السيتوبلازمى إلى تأثير سيتوبلازمى خاص وليس للعوامل الوراثية أثر على احداثة.

ولذلك فعند استعمال النباتات ذات العقم الذكرى السيتوبلازمى كنباتات أم فأن البذور المتكونة تعطى نباتات عقيمة الذكر ويرمز لذلك بالشكل الآتى:

Male sterile Male fertile Malesterile

ولا يمكن الاستفادة من هذا النوع من العقم عملياً ألا إذا وجد عامل وراثى يبطل تأثيره اى يجعل النسل خصب الذكر عند الرغبة فى ذلك.

فالنبات الهجين الناتج من تلقيح أب خصب الذكر بأم عقيمة الذكر عقم سيتوبلازميا سيكون عقيم الذكر وبذلك فأن النباتات الهجينية لن تعطى حبوب.

أما أذا وجد عامل أعادة الخصب الذكرى Fertility restorer وهو عامل وراثى سائد يحمل على الكرموسومات فأن النباتات الهجينية الناتجة من تهجين أب يحمل عامل الخصب الذكرى RF RP نبات عقيم الذكر عقماً سيتوبلازمى سيكون خصب الذكر .

والشكل التالى يبين حالات العقم والخصب التى يمكن الحصول عليها من وجود عوامل إعادة الخصب وسيتوبلازم العقم الذكرى.

Fertile Sterile Fertile Fertile

= S حيث سيتوبلازم العقم الذكرى

= F لا يوجد سيتوبلازم العقم الذكرى

RF = عامل إعادة الخصب السائد

Rf = عامل إعادة الخصب المتنحى

ويمكن نقل صفة العقم الذكرى السيتوبلازمى إلى أى سلالة باتباع طريقة التهجين الرجعى مع استعمال السلالة المراد نقل الصفة إليها كأب رجعى ذكر والسلالة التى تحمل العقم الذكرى السيتوبلازمى أما.

وسيعمل التهجين الرجعى على نقل عوامل الاب الرجعى الوراثية إلى سيتوبلازم نبات الأم وبذلك نحصل على السلالة الجديدة التى تحمل سيتوبلازم العقم الذكرى ونواه السلالة المرغوبة .وفى برامج انتاج بذور الذرة الهجينية الزوجية تستعمل الطريقة التالية -:

نفرض أن السلالات ألمستعمله لإنتاج الهجن الزوجى هى أ ، ب ، ج ، ء فيراعى أن يكون تركيبها الآتى -:

(أ S rf rf (ب F rf rf (جـ S rf rf (ء F rf rf)

(بعمل الهجينين الفرديين) ء xجـ (و)ب xأ (ء خصب الذكر F rf rf و جـ عقيم الذكر S rf rf وب خصب الذكر F rf rf أ عقيم الذكر S rf rf

ويكون التركيب العاملى للهجين ء ×ج هو SRFrf والهجين أ x ب هو SRFrf أى ان النباتات الناتجة من الهجين الفردى أ x ب تكون عقيمة الذكر والنباتات الناتجة من الهجين الفردى ء x ج وبذلك يمكن انتاج بذره الهجين الزوجى من جيل نباتات الهجين الفردى ب x أ كنباتات أم ونباتات الهجين ء x جـ كنباتات أ ب ونباتات الهجين الزوجى عند زراعتها يكون نصفها تركيبة Srfrf خصب الذكر والنصف الأخر Srfrfعقيم الذكر.

وقد وجد أن وجود نصف النباتات خصبة الذكر كفيل يتلقيح جميع النباتات فى الحقل وبذلك نحصل على حبوب من كل من النباتات العقيمة الذكر والخصبة الذكر.

أهم هجن الذرة المزروعة فى مصر.

هجين زوجى 51 ينتج عن تهجين السلالات

(205 جيزة x 102 جيزة) ، (204 جيزة x 4 جيزة)

(55 ف هـ x 50 ف هـ)

هجين زوجى 67 ينتج عن تهجين السلالات

(1278 x 3 جيزة) ، (102 جيزة x 104 جيزة)

(71 ف هـ x 14 ف هـ)

هجين زوجى 110 ينتج عن تهجين السلالات

إنتاجية أبطل وقد (205 جيزة x 102 جيزة) ، (55 جيزة x 4 جيزة)

(25 ف هـ x 189 ف هـ)

هجين زوجى ع17 ينتج عن تهجين السلالات

إنتاجية أبطل وقد (213 جيزة x 4 جيزة) ، (TX61 MS x 102 جيزة)

(332 ف هـ x 500 ف هـ)

هجين زوجى 186 ينتج عن تهجين السلالات

(A 303 X307 A) ، (102 جيزة 4 جيزة)

(340 ف هـ X 14 ف هـ)

والسلالات جيزة 3، جيزة 4، جيزة 5نتجت عن الإخصاب الذاتى للأمريكانى بدرى وجيزة 102نتجت من جيزة بلدى وجيزة 205نتجت من صنف مستورد من السودان والسلالة 1278نتجت بالإخصاب الذاتى لصنف أمريكي غير معروف.

استعمال العقم الذكرى فى تربية الذرة الهجين

كان (1952 – 1933 – 1931) Rhoades أول من اكتشف ظاهرة العقم الذكرى فى الذرة وكان العقم الذكرى فى هذه الحالة عقماً ذكرياً سيتوبلازمى Sterifety cy to plasmic maleأى أنه ينقل من جيل إلى أخر عن طريق السيتوبلازم لا النواه ولذا فأنه يورث عن طريق الأم فقط.

ويودى وجود العقم الذكرى السيتوبلازمى إلى عدم تكوين حبوب لقاح طبيعية خصبة قادرة على القيام بوظائفها فى التلقيح والإخصاب.

التربية للعقم الذكرى السيتوبلازمى -:

يستدعى استعمال العقم الذكرى فى تربية الذرة الهجين وجود مصدر للعقم الذكرى يمكن أن تنتقل منه هذه الصفة إلى السلالات النقية المستعملة فى تكوين الهجن والفكرة الأساسية هذا هو نقل نواه السلالة النقية الخصبة إلى السيتوبلازم عقيم الذكر .بحيث تكون السلالة الناتجة مشابهة للسلالة الأصلية تماماً فى جميع صفاتها ولكنها تختلف عنها فى أنها عقيمة عقماً ذكرياً.

ويتم ذلك من الناحية العلمية بإجراء التهجين بين السلالة عقيمة الذكر س والسلالة الخصبة التى يراد نقل صفة العقم الذكرى السيتوبلازمى إليها أ وذلك باستعمال السلالة س أما فى التهجين ثم يهجن الجيل الأول والأجيال التالية رجعياً متكرراً السلالة أ الخصبة الذكر بحيث تستعمل هذه السلالة أبا فى التهجين ويكون الجيل الأول والأجيال الرجعية المتتالية عقيم الذكر ولذا فهى تستعمل أما أى أن الأب الرجعى وهو السلالة أ يستعمل أبا فى جميع التهجينات .

السيتوبلازم العادى = N نواة السلالة = س

السيتوبلازم العادى = S نواة السلالة = أ

هذا ويراعى انتخاب النباتات العقيمة الذكر تماماً)نقول تماماً حتى أن لا تحمل السلالات الناتجة أى عوامل إعادة الخصوبة (والتى تتميز لصفات السلالة أ فى كل جيل من الأجيال الرجعية .هذه النباتات هى التى يستمر تهجينها رجعياً مع السلالة أ فى كل جيل رجعى ويكفى فى العادة من 3إلى 5تهجينات رجعية لاسترداد معظم أو كل العوامل الوراثية للأب الرجعى وبذلك نحصل فى النهاية على كروموزمات أ مع سيتوبلازم س)سلالة أ (

ويجرى إكثار السلالة الجديدة أ عن طريق التهجين مع السلالة الخصبة الذكر والتى يشترط أن تكون خالية من العوامل الوراثية المعيدة للخصوبة الذكر أ والتى يشترط ان تكون خاليه من العوامل الوراثية المعيدة لخصوبة اللقاح Pollen ferTiLity resToriny geno

♀سلالة أ X سلالة أ ♂

خصبة الذكر وخالية من العوامل الوراثية المعيدة للخصوبة اللقاح

علماً انه كثيرا ما يظهر بين نباتات السلالة أ العقيمة الذكر فى حقول إكثارها أو فى حقول إنتاج الهجن الفردى نباتات خصبة اللقاح بدرجة قليلة أو كثيرة نتيجة لارتداد الخصوبة إلى هذه النباتات عن طريق تلوث نباتات السلالة بلقاح غريب عن لقاح السلالة أ فى الجيل السابق أو لأسباب أخرى .

لهذا فيجب العناية بإزالة أى نبات من نباتات السلالة العقيمة الذكر يعطى لقاحاً ولو بكمية قليلة.

إنتاج الهجن الزوجى باستعمال العقم الذكرى السيتوبلازمى

فإذا كان الهجين الزوجي الذى يراد إنتاجه باستعمال العقم الذكرى لتوفير الجزء الأكبر من نفقات عملية الخصى هو)أ xب) (ج xء (وانه تم الحصول على سلالة مشابهة تماماً للسلالة أ ولكنها عقيمة الذكر) سلالة أ كما تقدم (

فأن إحلال السلالة أ محل السلالة أ فى إنتاج الهجن الفردى)أ xب (كالاتى -:

♀أ xب ♂جـ ♀ xء ♂

سلالة عقيم الذكر سلالة خصبة سلالة خصبة

لا تستدعى عملية خصى تستدعى أجراء عملية

(أ x ب) X (ج x د)

هجين فردى عقيم الذكر
لا تستدعى أجراء عملية الخصى
(أ x ب) (جـ x د) (هجين زوجى عقيم الذكر)
يتضح مما تقدم أن الهجين الزوجى الذى يزرعه الفلاح يكون أيضاً عقيم الذكر فكيف يتم التلقيح فى حقل الفلاح ؟ يتم ذلك بطريقتين
يعطى الفلاح خليطاً من تقاوى الهجن الزوجي بحيث يكون ثلثين التقاوى)أ x ب) (جـ x ء (أى تقاوى الهجين الزوجى الناتجة بالطريقة العادية وبدون استخدام العقم الذكرى فى إنتاجها وذلك على أساس أن ثلث النباتات الناتجة لدية)أ x ب) (جـ x ء (سوف تكون خصبة وأن ما تنتجه من اللقاح يكون كافياً ليلقح الحقل جميعه.
يكون الهجين الفردى المستعمل أبا فى التهجين الأخير محتوياً على العوامل الوراثية المعيدة للخصوبة بحيث يكون الهجن الزوجى (أ x ب) (جـ x ء) خصباً وليس عقيماً.
<u>التربية لاعادة خصوبة اللقاح</u>
يصادف وجود العوامل الوراثية المعيدة للخصوبة فى إحدى أو فى كلتا السلالتين المكونين للجين الفردى الأب فأن الأمر لا يستدعى أى أجراء خاص والأوجب إدخال هذه العوامل فى تركيبة الوراثى ويستعمل لهذا الغرض سلالات خاصة يحتوى على العوامل الوراثية المعيدة للخصوبة بالحالة السائدة الأصلية ومنها الزوج الذى يملك القدرة على إعادة الخصوبة للقاح بالرغم من وجود السيتوبلازم العقيم فينتقل منها زوج العوامل المذكور إلى إحدى السلالتين النقيتين الداخلتين فى تركيب الهجن الفردى الأب وعلى شرط أن ينقل معه السيتوبلازم العقيم إلى نفس السلالة وذلك حتى يتأكد المربى أن خصوبة السلالة الناتجة راجعه إلى وجود العامل لا إلى غياب السيتوبلازم العقيم.
وفى المثال السابق فرضنا أن الهجين الفردى الأب هو الهجين)جـ xء (لهذا نختار إحدى السلالتين الداخلتين فى تركيبة ولتكن السلالة جـ للدخول فى برنامج تربية لاحلال السيتوبلازم العقيم والذى يؤتى به من إحدى مصادر العقم الذكرى السيتوبلازمى محل سيتوبلازم العادى الخصب وكذا لإدخال الزوج بالحالة السائدة الاصلية من أحدى السلالات الخاصة التى تحمله كالأتى :-

S rf rf ♀ سلالة عقيمة الذكر عقيمة السيتوبلازم خصب الذكر F1 (S) Rf rf	♂Rf Rf السلالة الحاملة لعوامل إعادة الخصوبة السلالة (جـ) rf rf N خصبة الذكر♂

عقيمة السيتوبلازم خصب الذكر
وهكذا يستمر تهجين النباتات العقيمة الستوبلازم الخصبة اللقاح)أم (فى كل جيل من الأجيال الرجعية بالسلالة ج)أب (وبحيث تستبعد النباتات العقيمة الذكر أولاً بأول خلال الأجيال الرجعية لعدة أجيال يجرى التلقيح الذاتى على النباتات الخصبة الذكرى الجيل الرجعى الأخير .
وبهذه الطريقة يمكن الحصول على سلالة طبق الأصل من السلالة جـ الأصلية ولكنها تحتوى على السيتوبلازم العقيم وعلى الزوج المعيدة للخصوبة اللقاح ويمكن بالتبعية استعمال السلالة الجديدة فى تكوين الهجن الفردى الأب جـ xء وعند أجراء التهجين .
الهجن الزوجى والذى بزراعته تكون نصف النباتات عقيمة الذكر والنصف الآخر خصب الذكر.
وبالطبع يكفى أن تكون نصف النباتات خصبة الذكر لكن يتم التلقيح فى حقل الفلاح أى أنه يمكن بنفس الطريقة إدخال العوامل المعيدة لخصوبة اللقاح إلى السلالة ء وكما حدث فى حالة السلالة جـ وفى هذه الحالة يكون تركيب الهجين الفردى الأب (جـ x ء) وتكون جميع نباتات الهجين الزوجى الناتجة من التركيب وتكون كلها خصبة اللقاح على السلالة جـ دون السلالة ء
<u>مزايا طريقة العقم الذكرى فى إنتاج الهجن .</u>

1- يمكن باستعمال العقم الذكرى التخلص من الجزء الأكبر من عملية الخصى التى تجرى فى حقول تقاوى الهجن وبذلك تتمكن الجهات المنتجة لهذه التقاوى سواء كانت حكومية أو أهلية من بيع التقاوى للمزارعين بثمن أقل مما يمكن فى حالة استعمال الطرق العادية فى إنتاج هذه التقاوى .

2- كثيراً ما تكون التقاوى الهجن الناتجة باستعمال العقم الذكرى اكثر كمية وأعلى جودة من التقاوى الناتجة بالطريقة العادية .ويعلل ذلك بأن المواد الغذاتية التى تستهلك فى تكوين اللقاح الطبيعى الخصب يتحول إلى الكيزان والحبوب فى حالة وجود العقم الذكرى فى حين أن الخصى كثيراً ما يتسبب عنه نقص فى محصول الحبوب فكثيراً ما يؤدى –النوره المذكرة إلى إزالة ورقة واحدة او اكثر من أوراق النبات العليا الأمر الذى يؤثر على المحصول تأثيراً سيئاً كما أن عملية الخصى قد يتسبب عنها فى بعض الأحيان الإصابة ببعض الأمراض التى تصيب النبات عن طريق الجروح .

<u>مشاكل إنتاج الهجن باستعمال طريقة العقم الذكرى</u>

1- يؤدى استعمال العقم الذكرى فى إنتاج الهجن فى الوقت الحاضر إلى التخلص فقط من الجزء الأكبر من عملية الخصى دون الاستغناء عنها كلية وفى حالة عدم استخدام معيدات الخصوبة الوراثية فأنه يلزم إنتاج نفس النوع من التقاوى بالطرق العادية وخلط النوعين وزراعتها معا حتى يمكن يتم التلقيح فى حقل الفلاح كما سبق تفصيله .كما أن عملية خلط النوعين من التقاوى يجب إجراءها بمنتهى العناية قبل الزراعة حتى تضمن حسن توزيع النباتات الخصبة اللقاح بين النباتات العقيمة اللقاح لكى يتم على الوجه الأكمل .

2- لا يؤدى استعمال العقم الذكرى عن الاستغناء عن عملية فحص حقول إنتاج التقاوى أثناء موسم التلقيح كما يبدو لأول وهلة بل على العكس يستدعى استعمال هذه الطريقة إلى أن يكون الفحص أكثر دقة .

فبعض نباتات السلالات والهجن الفردية العقيمة الذكر ينتج لقاحاً خصباً تحت ظروف معينه ولا يخفى أن تقيم هذه النباتات يكون صعباً وبالتبعية لا يمكن العثور عليها جميعاً لإزالتها إذا كانت موجودة .ويؤدى بقاؤها فى الحقل إلى حدوث التلقيح الذاتى لها وإلى تلقيحها لاحتوائها من نفس السلالة (يعتبر تلقيحاً ذاتياً من وجهة نظر المربى)(أو من نفس الهجين الفردى.

ويؤدى كل ذلك إلى الإخلال بطريقة تكوين الهجين الزوجى الناتج فى النهاية وإلى فقلة محصول لدى الفلاح .

3- أن نفقات عملية الخصى ليست فى الواقع نفقات كبيرة أذا ما أخذ فى الاعتبار توزيعها على المساحة المنزرعة ذرة جميعها هذا من ناحية ومن ناحية أخرى فأن عمليات أدخال العقم الذكرى السيتوبلازمى فى بعض السلالات المستعملة فى أنتاج الهجن ثم ادخال العوامل الوراثية المعيدة للخصوبة اللقاح فى بعضها الأخر .عمليات تستغرق وقتاً طويلاً أذا يلزم أختيار السلالات الجديدة العقيمة الذكر والأخرى المحتوية على عوامل إعادة خصوبة اللقاح بعد الحصول عليها الأمر الذى يترتب عليه تعطيل برنامج التربية لعدة سنوات.

هذا فضلاً عن أن هذه العمليات عمليات فنيه معقدة ومكلفة ويجب عند التفكير فى استعمال طريقة العقم الذكرى فى إنتاج الهجن أخذ كل هذه العوامل فى الاعتبار وموازنتها جيداً بالقوائد التى ينتظر الحصول عليها من اتباع الطريقة .

4- قد يؤدى نقل العقم الذكرى السيتوبلازمى وكذا عوامل إعادة خصوبة اللقاح من السلالات التى عملها إلى السلالات المستعملة فى إنتاج الهجن إلى أن ينقل مع هذه الصفات صفات أخرى غير مرغوبة .

فقد تتغير صفات السلالات إلى أحسن أو إلى أسوء وقد تتغير قدرتها على الائتلاف .لهذا يلزم العناية باختيار السلالات التى أدخلت إليها هذه الصفات جيداً قبل استعمالها فى تكوين الهجن التجارية.

5- باستعمال طريقة العقم الذكرى فى تربية الهجن تصبح عملية إكثار السلالات النقية الداخلة فى تكوين هذه الهجن أكثر تعقيداًَ مما فى الطريقة العادية.

والواقع ما ينطوى عليه برنامج إنتاج الهجن باستعمال طريقة العقم الذكرى من مجهودات ووقت وتكاليف لا يدر استخدامها الطريقة الا أذا كانت الهجن الناتجة من الهجن الممتازة جداً والتى ينتظر لها أن

توزع على الفلاح لسنين طويلة .أما إذا كانت الهجن مقيدة الأجل فلا داعى لمحاولة إنتاجها باستعمال العقم الذكرى.

تكرار العوامل الوراثية والتوازن فى العشائر

اولا تكرار العوامل الوراثية Gene frequency

انه لمن الثابت ان النتائج التى حصل عليها مندل كانت على اساس التوزيع الحر المتساوى للعوامل الوراثية

المتفارقة (السائدة-المتنحية) فى حالة التزاوج بمحض الصدفغة ودون تحكم فى الانتخاب بمعنى الفرد الذى يحمل التركيب الوراثى (Aa) سيعطى نوعين من الجاميطات احداهما تحتوى على العامل السائد (A) والاخر على العامل المتنحى (a) بنسب متساوية اى ان النسبة بين A : a هى كنسبة 1:1

وعند تزاوج افراد هذة المجموعة الخليطة فى تركيبها الوراثى فان الجيل التالى يتكون من ثلاثة فئات مختلفة هى 1AA : 2Aa : 1aa بنسبة 1 : 2 : 1 على الترتيب

هذا واذا اردنا معرفة تكرار او نسبة وجود كل من العامل السائد A والمتنحى a فى مثل هذة العشيرة فاننا نلاحظ الاتى

وجود 4 اليلات سائدة (A) اثنان فيها من الفرد السائد الاصيل (AA) واثنان من الفرد الخليطين (Aa)2

وجود 4 اليلات متنحية هى a اثنان من الفرد المتنحى (aa) واثنان من الفرد دين الخليطين (2Aa)

اى ان نسبة وجود كل من فردى هذا الزوج الاليلى فى هذة العشيرة هو 4A : 4a اى بنسبة 1:1 وعلى ذلك فان توزيع افراد الجيل الثانى ستكون بنفس التوزيع الاول وفى تحول اخر اذا فرضنا ان عدد افراد العشيرة = N

الافراد التى تحمل التراكيب الوراثي السائد الاصيل (AA) = D

الافراد التى تحمل التراكيب الوراثي المتنحى الاصيل (aa) = R

الافراد التى تحمل التراكيب الوراثي السائد الخليط (Aa) = H

فيمكن تمثيل العشيرة فى هذة الحالة كالاتى

AA+Aa+aa = Total

D+H+R = N

وبالمثل اذا اريد معرفة تكرار كلامن فردى هذا الزوج الاليلى فى هذة العشيرة فاننا نجد انه من الرغم من ان هناك ثلاث فئات عاملة فان هناك نوعان فقط من العوامل الوراثية هما (A) و (a) لمجموع العوامل فى العشيرة وهى فى حالتنا هذة 2N وذلك باعتبار عدد الافراد N كما سبق الذكر. وان كل فرد يحتوى على فردين لهذا الزوج الاليلى والمراد معرفته الان هو كم مجموع هذة العوامل سائد وكم فيها متنحى .

ولمعرفة ذلك يجدر بنا ان نعلم ان الفرد السائد AA يحتوى على عاملين A والفرد السائد الخليط يحتوى على عامل سائد واحدA والعدد الكلى لهذا العامل فى هذة المجموعة من الافراد AA, Aa هو

2D+H

ويكون تكرار هذا العامل فى العشيرة = $\frac{2D+H}{2N}$ او $D+\frac{0.5H}{N}$

وكذلك فان العدد الكلى للعامل a فى الافراد المحتوية عليه aa, Aa هو 2R+H وتكراره فى العشيرة $\frac{2R+H}{2N}$ او $R+\frac{0.5H}{N}$

ولتوضيح السابق نورد المثال العددى الاتى

126 نبات ازهارها حمراء اللون

90 نبات ازهارها قرمزية اللون
20 نبات ازهارها بيضاء اللون
احسب عدد العوامل السائدة والمتنحية فى هذة العشيرة وكذا تكرارها النسبى مع ملاحظة ان السيادة فى هذة الحالة غير تامة
الحل
العدد الكلى لافراد العشيرة N = 126+90+20 = 236 نبات
العدد الكلى للعوامل بفرضشش وجود فردين منها فى تلركيب كل نبات 2N = 236*2= 472
تمثل الفئات العاملة للفئات المظهرية كالاتى
بيضاء : قرمزية : حمراء
20 90 126
اذا تكرار R فى العشيرة = 2D+H = 252+90 = 342 = 0.75 او D+0.5H = 126+45 =
2N 472 472 N 236

0.75 = 171 =
236
وبالمثل فان تكرار r = 2R+H = 40+90 = 0.25
2N 472

ومن يتضح ان توزيع الاليل السائد فى العشيرة كان ثلاث اضعاف توزيع الاليل المتنحى كما ان مجموع تكرارات العاملين A,a اصبح = 0.75+0.25= 1
وفى الحالات المندلية افترض ان توزيع الاليل السائد والمتنحى تكون بنسبة 50% اى ان مجموعهخا يساوى الواحد الصحيح
ويمكن ان ترمز لتوزيع العامل السائد A بالرمز P وللعامل المتنحى a بالرمز q وعلى ذلك يكون توزيع الاليلين فى العشيرة ممثلبا فى المعادلة التالية
1=P+q

كما يتضح انه لمقارنة توزيع كل من العاملين السائد والمتنحى فى العشيرة فى هذا المثال وتوزيعهما فى حالة الفروض المندلية نجد ان الاختلاف فى تكرار الاليلين او العاملين هو السبب فى اختلاف توزيع الافراد السائدة والمتنحية فى العشيرة عن التوزيع المندلى المضاد وعلى اساس ان p+q = 1 فانه اذا عرف تكرار الاليل A (P) فانه يمكن معرفة تكرار الاليل (a) q بالمعادلة التالية
q = 1-p p = 1-q
وكذلك معرفة تكرار العامل A عن طريق معرفة تكرار العامل a
كما يمكن معرفة توزيع الافراد الحاملة للتراكيب الوراثية الثلاثة كما المنعزلة كما يلى
(P+q)2 = 1
P2+2pq+q2 = 1
AA+2Aa+aa =1
ويطلق على هذة المعادلة قانون هاردى واينبرج 1908
تمارين محلولة على التكرار النسبى
اوجد تكراركل من العامل A والعامل a فى العشيرة الاتية من النباتات مبينا مدى انطباق قانون هاردى واينبرج على هذة العشيرة
AA Aa aa

2 12 26
p2 2pq q2
عدد افراد العشيرة = 26+12+2 = 40
2- تكرار العامل A (p) = 6+26 = 0.8
40
بما ان p+q= 1 اذا 0.2+0.8= 1
1- نسبة وجود AA فى العشيرة = 20 = 0.05
40
2- نسبة وجود Aa فى العشيرة =12 = 0.3
40
3- نسبة وجود aa فى العشيرة = 26 = 0.65
40

1.00

AA+2Aa+aa = 1
P2+ 2pq+ q2 = 1
0.05+0.30+0.65 = 1 اذا قانون هاردى واينبرج منطبق على هذة العشيرة وصحيحا

التمرين الثانى فى عينة من عشائر النباتات الخليطة التلقيح حصلنا على التراكيب الاوراثية التالية AA Aa aa بنسبة 20 : 10 : 70 اثبت ان التكرار العاملى فى هذة العشيرة ينطبق على نسبة 1 :3

الحل
عد افراد العشيرة = 20+10+70 = 100
تكرار A = 5+100/7= 0.75
تكرار a = 5+100/20= 0.25
نسبى تكرار A : نسبة تكرار a = 0.75:0.25 وهى نسبة 1:1
ثانيا التوازن الوراثى فى العشائر
العشائر الخليطة يقصد بالتوازن الوراثى فى العشائر هو محافظة العشائر على تكرار العوامل السائدة والمتنحية من جيل الى جيل عند تزاوجها فى الطبيعة ويشترط لتحقيق هذا التوازن توفر الشروط الاتية
ان يكون عدد افراد العشيرة كبير نسبيا
ان يكون التزاوج فيما بين افرادها اعتباطيا ومحض الصدفة
ان يكون حدوث الطفرة من الاليل السائد الى المتنحى او العكس معدوما او نادر الحدوث واذا حدثت تكون متساوية فى الاتجاهين
ان تكون الافراد ذات التراكيب الوراثية الثلاثة الناتجة AA , Aa , aa متساوية فى قدرتها على البقاء والتناسل
ويمكن تمثيل هذا التوازن فى العشائر خليطة الاخصاب كما يلى:
اولا فى حالة زوج واحد من العوامل الوراثية
يمكن التعبير عن توزيع الافراد الحاملة للتراكيب الوراثية الثلاثة الناتجة من التزاوج كما يلى
P2 + 2pq + q2 = 1
AA+ 2Aa+ aa = 1
وفى حالة التعويض عن قيمة p فى المعادلة السابقة ب (1-q) فان المعادلة تصبح بالشكل التالى

(1-q)2+2q(1-q)+q2 وهذة المعادلة يمكن كتابتها بالشكل التالى
(1-q+q)2
اى ان المعادلة الاصلية عبارة عن مفكوك المعادلة ذات الحدين ويجب توافر الشروط السابق ذكرها حتى تنطبق المعادلة الممثلة للتوازن الوراثى الحادث فى الطبيعة فى العشائر جيلا بعد جيل
مثال بين كيف يمكن ان يتم التوازن الوراثى فى اى عشيرة خليطة تتوفر بها الشروط السابقة

الحل
الخطوة الاولى
هو معرفة توزيع افراد العشيرة فى الجيل الاول يفترض وجود عشيرة خليطة التلقيح ويمثل تكرار الاليل السائد A بالرمز p وتكرار الاليل المتنحى a بالرمز q حيث p+q=1
اذا توزيع الاليل السائد 1-q = A
واذا تم اتحاد ازواج العوامل بمحض الصدفة فالنه يمكن ان تتواجد التراكيب الوراثية التالية وبالاحتمالات الموضحة بعد:
1- احتمال توافق اتحاد جاميطة تحمل احد كروموزوماتها العامل السائد A باخرى مماثلةلتعطى التركيب AA
(1-q)(1-q)= (1-q)2
2- احتمال توافق اتحاد جاميطة تحمل احد كروموزوماتها العامل السائد A باخرى تحمل العامل المتنحى a
♂ A(1-q)×(q) a =q(1-q)
♂ (q)× A(1-q) =q(1-q)
اى ان تكرار الفئة العاملية الخليطة (Aa) = 2q (1-q)
3-احتمال توافق اتحاد جاميطات تحمل كل منها اليل متنحى a لتعطى افرادها تركيبها aa
a× a = q × q = q2
اى ان توزيع افراد العشيرة سيكون فى الجيل الاول بالشكل التالى
(1-q)2 (AA)+ 2q(1-q)Aa+(q)2aa
كما يمكن تكوين الافراد والمعادلة ايضا من المربع الشطرنجى بالشكل التالى

	A (1-q)	(a) q
(A) 1-q	AA (1-q)2	Aa q(1-q)
(a) q	Aa q(1-q)	Aa (q)2

الخطوة الثانية
معرفة توزيع افراد العشيرة فى الجيل التالى فاذا فرضنا ان كل فرد سيعطى جاميطات لعدد متساوى فان الافراد الاصيلة (AA) ستعطى دائما جاميطات تركيبها A والافراد الاصيلة aa ستعطى دائما جاميطات تركيبها a واما الافراد الخليطة فتعطى جاميطات تمثل فيها النوعين بعدد متساوى تعطى جاميطات بها الاليل A واخرى الاليل a وعلى ذلك يكون تكرار الاليلات فى الجاميطات التى يتكون الجيل التالى بالشكل التالى
تكرار الاليل A = 2(1-q) من التراكيب الاصيل AA + 1-q من التركيب الخليط Aa
q×(1-q)(1-q)2
(q-q2)+(1-2q+q2)

q-q2+1-2q+q2= 1-q

وبالمثل فان تكرار الاليل q = q2 من التركزيب الاصيل aa + q(1-q) من التركيب الخليط Aa

q-q2+q2=q

اى ان تكرار فردى الزوج الاليلى A,a فى الجاميطات المكونة للجيل الثانى يكون مساويا لنفس تكراتر جاميطات الجيل الاول وعلى هذا فانه يمكن ان تحافظ العشيرة على تكرار الاليلين الذين ستكون فيها افراد الجيل الثالث والاجيال التالية ولكن بشرط توفر الشروط السابقة وان تركيب العشيرة الخليطة لزوج واحد من الاعوامل يمكن تمثيله دائما بمعادلة هاردى واينبرج السابقة

تمرين

حاول ان تفرض ان تكرار الاليل السائد = 0.75 مرة واخرى 0.25 واخرى 0.5 وحاول ان تثبت فى كل حالة ان التوازن سيظل موجودا طبقا للفرض

الموضوع بنفس الكيفية السابقة

ثانيا فى حالة زوجين من العوامل

اذا افترضنا وجود زوجين من العوامل والتى تتوزع توزيعا حرا فان توزيع التراكيب الوراثية فى العشيرة = حاصل ضرب المعادلة الخاصة بتوزيع تراكيب فردى الزوج الاليلى الاول A,a × المعادلة الخاصة بتوزيع تراكيب فردى الزوج الاليلى الاخر B,b ويمكن استخراج التراكيب الوراثية المختلفة واثبات ان مجموع توزيعها يساوى واحد صحيحكما هو موضح فى الامثال التالى

مثال:

اذا افترضنا وجود عشيرة خليطة التلقيح وينطبق عليها كل الشروط التى يجب توافرها لحدوث التوازن حسب معادلة هاردى وانه يوجد اثنين من ازواج العوامل الحرة وان توزيعها كالاتى

0.6 بالنسبة للاليل a 0.4 بالنسبة للاليل A

0.7 بالنسبة للاليل B 0.3 بالنسبة للاليل b

[q1A+(1-q1)]2 [q2B+(1-q2)b]2 =1

[q12 AA +2q1A (1-q1)a+(1-q1)2aa] [q22BB+2q2B(1-q2)+(1-q2)2bb] = 1

[q12 AA+ q22BB+2 q12 AA q2B (1-q2)b+ q12 AA (1-q2)2bb+2q2A(1-q1) a]
q22BB+2q1A(1-q1a)2q2b(1-q2)b+2q1A(1-q1)a(1-q2)2bb+(1-q1)2aa
q22BB+2(1-q1)2aa q2B(1-Q=[q22BB+2q2B(1-q2)b+(1-q1)2aa (1-q2)2bb] = 1

التراكيب الممكن الحصول عليها بالمربع الشطرنجى لايجاد الاتحادات الممكنة للجاميطات الاربع	تكرار كل من هذه التراكيب	قيمة التكرار بالتعويض الرقمى عن الرمز	
1) AA BB	q_1^2 AA $q2^2$BB	= 0.16×0.49	= 0.0784
2) AA Bb	$2q1^2$ AAqB(1-q)b	= 2×0.16×0.7×0.3	= 0.0672
1) AA bb	q^2AA (1-q)bb	= 0.16×0.09	= 0.0144
2) Aa BB	2qA(1-q)aq^2BB	= 2×0.4×0.06×0.49	= 0.2352
4) Aa Bb	4q4(1-q)a qB(1-q)b	= 4×0.4×0.6×0.07×0.03	= 0.201
2) Aa bb	2qA(1-q)a(1-q^2)bb	= 2×0.04×0.6×0.09	= 0.043
1) BB aa	q^2BB(1-q^2)aa	= 0.49×0.3	= 0.176
2) Bb aa	2qB(1-q)^{2}aa(1-q)b	= 2×0.7×0.36×0.3	= 0.101
1) aa bb	(1-q)^2 aa (1-q)^2 bb	= 0.36×0.09	= 0.032

			1.000

ثالثاً : يمكن تطبيق الحالة السابقة على أكثر من زوجين من العوامل الوراثية الحره التوزيع التى يوجد كل منها على كروموسوم فأن التوزيع التراكيب الوراثية فى العشائر الناتجة سيمثلة حاصل ضرب المعادلات الخاصة بتوزيع كل زوج على حدة كما سبق ان اوضحنا بالنسبة لزوجين من العوامل الوراثية

$[q^2$ AA + 2q (1-q)Aa + $(1-q1)^2$aa]

فى حالة ثلاث ازواج مثلاً

[$q2^2$ BB + 2q (1-q)Bb + (1 – q2)b]

[q3 CC + 2q (1-q3) Cc + $(1-q3)^2$ cc]

فى حالة اكثر من ثلاث ازواج من العوامل يتبع نفس الطريقة السابقة

يتبقى التوازن الوراثى فى العشائر ذاتية التلقيح بالاضافة الى أثر نوع الأخصاب على التركيب الوراثى لمحاصيل الحقل