

علاقة متلازمة التزهير بأداء الهجين في الذرة الصفراء 2- الحاصل و مكوناته

فاضل يونس بكتاش
استاذمدحت مجيد الساهوكي
استاذ متمرسحيدر عبد الرضا الخرزلي
باحث

قسم المحاصيل الحقلية-كلية الزراعة-جامعة بغداد

haider_0068@yahoo.com

المستخلص

نفذت تجربة حقلية على محصول الذرة الصفراء في أربعة مواسم (ربيعي و خريفي 2014 و 2015) بهدف معرفة دور الانتخاب للتزهير المبكر والمتأخر من السلالات في حاصل التضربيات الناتجة من تضربياتها. كان ذلك في حقل قسم المحاصيل الحقلية في كلية الزراعة- جامعة بغداد. استخدمت في التجربة سلالات الذرة الصفراء (Zm 19 و Zm 32 و Zm 51 و Zm 61) و الفاحصان (Zm 21 المتأخر التزهير) و (Zm 60 المبكر التزهير). تم في الموسمين الاول و الثاني زراعة بذور السلالات الاربع وانتخب أول 10 نباتات مبكرة بالتزهير ومثلها متأخرة بالتزهير و تم إكثار بذور النباتات المنتخبة. زرعت بذور السلالات المنتخبة المبكرة و المتأخرة بالتزهير في الموسم الثالث و ضربت بالفاحصين وانتجت التضربيات من المجموعتين. تم في الموسم الاخير زراعة بذور التضربيات واجريت المقارنة وفق تصميم القطاعات الكاملة المعشاة بثلاثة مكررات. أثر الانتخاب للأباء المبكرة و المتأخرة معنوياً في حاصل الحبوب لوحدة المساحة، حيث تفوق التضريب Zm19 x Zm60 الناتج من آباء منتخبة من سلالات مبكرة التزهير معنوياً في حاصل الحبوب على نظيره الناتج من آباء منتخبة من سلالات متأخرة التزهير (10.516 و 8.188 طن متري. ه⁻¹، بالتتابع). اختلف الفاحصان المتأخر التزهير Zm21 والمبكر التزهير Zm60 معنوياً في التأثير في صفات بعض التضربيات الناتجة وخاصة حاصل الحبوب عند تضربيهما مع الأباء المبكرة التزهير. تفوق التضريب Zm19 x Zm60 الناتج من تضريب الفاحص المبكر التزهير (Zm60) مع آباء مبكرة التزهير منتخبة من السلالة Zm19 على التضريب Zm19 x Zm21 الناتج من تضريب الفاحص المتأخر التزهير Zm21 مع آباء مبكرة التزهير منتخبة من السلالة Zm19 في حاصل الحبوب (10.516 و 6.642 طن متري. ه⁻¹، بالتتابع). أدى الانتخاب كذلك الى ظهور اختلافات معنوية في صفات عدة أبرزها معدل نمو الحبة. يستنتج من ذلك ان لانتخاب المبكر والمتأخر على السلالات وكذلك تأثير الفاحص المبكر والمتأخر بالتزهير أهمية كبيرة في انتاج هجن متميزة في الحاصل و صفات عدة.

كلمات مفتاحية : التورث، معدل النمو، دليل المساحة الورقية، ثابت مقدرة النظام.

*البحث مستل من اطروحة الدكتوراه للباحث الأول.

The Iraqi Journal of Agricultural Sciences – 47(4):910-920, 2016

Al- Khazaali & et al.

FLOWERING SYNDROME – HYBRID PERFORMANCE RELATIONSHIP IN MAIZE

2- Yield and yield components

H.A. Al- Khazaali

M.M. Elshookie

F.Y. Baktash

Researcher

Emeritus professor

Professor

haider_0068@yahoo.com

Dept. of Field Crops Sci.-Coll. of Agric.-Univ. of Baghdad

ABSTRACT

Field experiment during four seasons (spring and fall 2014 and 2015) was carried out on maize at the experimental field of Field Crop Dept., Agric. Coll., Univ. of Baghdad to study the role of selection for early and late flowering (silking) of inbred lines on the grain yield of the consequent hybrids. Four inbred lines (Zm19, Zm32, Zm51 and Zm61) and two testers (Zm21 late and Zm60 early silking) were used. In the first two seasons, the seeds of the four inbred lines were planted, first 10 plants that flowered early and 10 plants that flowered late were selected, the seeds of the selected plants were multiplied. The seeds of the early and late selected inbred lines were planted in the third season and then crossed with testers. Crosses from the early and late silking (ELS) were produced and their seeds were cultivated in the last season. Comparison in some growth traits, yield and its components were conducted among the crosses. The experiments were laid out in randomized complete block (RCBD) with three replicates. The selection for parents of early and late silking has significantly influenced the Grain Yield (GY), the cross Zm19xZm60 (produced from crossing parents of early silking selected from inbred lines - PESSIL) has surpassed in the GY on its counterpart (produced from parents of late silking selected from inbred lines) (10.516 and 8.188 ton.ha⁻¹ sequentially). The testers (Zm21 late silking and Zm60 early silking - ES) have significantly differed in their effect on the traits of some hybrids (produced from crossing) especially the GY when crossed with ES parents. The cross (Zm19 x Zm60) which produced from crossing the tester Zm60 with the ES parents selected from the inbred line Zm19 has surpassed the cross Zm19 x Zm21, which produced from crossing the tester Zm21, with PESSIL Zm19 in GY (10.516 and 6.642 mt ha⁻¹ ton.ha⁻¹, sequentially). Selection has also shown significant differences in several traits, the most prominent are the Seed's Growth Rate (SGR). It can be conclude that selection for ES and LS inbred lines and testers' effect have a great importance in deriving hybrids of a high yield and several traits.

Key words: heritability, Crop Growth Rate, Leaf Area Index, SCC

* Part of Ph.D. Dissertation of the first author

المقدمة

ان عملية الانتقال من مرحلة الطور الخضري الى الطور التكاثري هي من الاحداث المهمة و الحساسة في نمو و تشكل النباتات الراقية و التي تخضع الى حد كبير للتأثيرات البيئية و الوراثة (14) و التي تعد من بين اهم الصفات الكمية الهامة التي تحدد حاصل الحبوب. ان موعد التزهير هو من بين الصفات المعقدة التي تبدي مدى واسعا من الاختلاف (35 - 120) يوما في نبات الذرة الصفراء (15). يعكس هذا التباين بالايام مقدرة تكيف النباتات للبيئة المحلية بحسب عوامل النمو المتاحة. قد يرتبط موعد التزهير بالصفات المظهرية للنبات مثل ارتفاعه وعدد اوراقه وامتلاء الحبة (19). تم الكشف عن اكثر من 60 موقع للصفات الكمية Quantitative Trait Loci (QTLs) في نباتات الذرة الصفراء واذن الفار (8 و9 و10). إن كل QTL واحد في الذرة الصفراء يساهم بجزء صغير في التغيرات المظهرية (9) ويكون تأثير QTL من نوع الفعل الجيني المضيف. بالاضافة لذلك، فان بعض أزواج الجينات في الذرة الصفراء تكون مسؤولة عن عملية التزهير بشكل خاص ولكن يكون لها بعض الوظائف او الافعال المختلفة على صفات اخرى ايضاً (9 و 13 و 40). ان التباين في الصفات الكمية ومنها موعد التزهير ينتج من الفعل المشترك لجينات متعددة وبيئات متعددة. تم في الونة الاخيرة اجراء هذه التجارب وذلك للانتخاب لموعد التزهير لدراسة المساهمة النسبية للطفرات ذاتية التخليق (de novo mutations) وكذلك التغيرات الوراثة القائمة على تنوع هذه الصفة (18). كانت الاستجابة للانتخابات سريعة (سبعة أجيال) ومعنوية في كل من مجتمعات التزهير المبكر و المتأخر. بالاضافة الى ذلك ظهرت اثنين من المجموعات النباتية ضمن مجتمع نباتات التزهير المتأخر احدهما متأخرة والاخرى متأخرة جداً بالتزهير ويفارق زمني بينهما هو 4 أيام كمعدل. أشارت النتائج ايضاً الى وجود موقع جيني رئيسي له علاقة بالاختلاف في وقت التزهير في مجتمع نباتات التزهير المتأخر وان 35% من هذا الاختلاف الكلي في وقت التزهير هو من نوع الفعل الجيني المضيف (18). لقد تم اكتشاف عدد قليل من الطفرات التي تؤثر على موعد التزهير في الذرة الصفراء (11). تشير ظاهرة قوة الهجين الى القوة المتزايدة

لافراد التضربيات (سواء بين الأنواع أو ضمن النوع الواحد) مقارنةً بالآباء أو هي الأداء المتوقع لأفراد ذرية الهجين بالنسبة للصفات المظهرية للآباء ويمكن وصفها أيضاً بالظاهرة الطبيعية التي تكون فيها صفة واحدة أو عدة صفات للذرية الناتجة أفضل من صفات الآباء المتنوعين وراثياً كحاصل الحبوب والتأقلم والمقاومة للشود الحيوية واللاحيوية. تعتمد ظاهرة قوة الهجين على التغيرات الوراثية بين الآباء و حالة التغير الجيني في ذرياتهم الناتجة (4). على الرغم من اهمية قوة الهجين في تحسين المحاصيل و الذي تم ادراكه و تمييزه قبل اكثر من قرن، فإن الاكتشافات اللاحقة للآليات الجزيئية تعد هي فقط البداية لكشف اللثام عن هذه الظاهرة (22 و 23). اشارت الابحاث الاخيرة الى ان التداخل الاليلي للجينومات الابوية تقود الى برمجة متغيرة للجينات و التي تعزز من قوة النمو و تحمل الاجهاد، اوضح ذلك Chen (12). إن الفعل التنظيمي لفوق الوراثة هو ايضا مفتاح مهم لقوة الهجين مع ما يرتبط بميثلة DNA المتغيرة و تعبير SIRNA في صفات الهجن المرتبطة بالاختلافات في انشطة الجين و الاشكال المظهرية المرتبطة بحالات قوة الهجين (22 و 24 و 25 و 27 و 34). كان الهدف من هذا البحث هو لمعرفة العلاقة بين آلية التزهير المبكرة والمتأخرة لسلاسل من الذرة الصفراء وقوة الهجين في التضربيات الناتجة للاستفادة من تلك النتائج في برامج تربية الذرة الصفراء.

المواد والطرائق

نفذت تجربة حقلية على محصول الذرة الصفراء في اربعة مواسم (ربيعي و خريفي 2014 و 2015). استخدمت في التجربة سلالات الذرة الصفراء Zm19 و Zm32 و Zm51 و Zm61 و الفاحصان (Zm21 المتأخر التزهير) و (Zm60 المبكر التزهير). تم في الموسم الاول زراعة بذور السلالات الاربع وانتخبت أول 10 نباتات مبكرة بالتزهير ومثلها متأخرة بالتزهير (بحدود 10-15 يوماً بين اخر نبات مبكر بالتزهير واول نبات متأخر بالتزهير وبحسب السلالة). تم في الموسم الثاني إكثار بذور النباتات المنتخبة من خلال التلقيح الذاتي. زرعت بذور السلالات المنتخبة المبكرة و المتأخرة بالتزهير في الموسم الثالث وتم تضريبها بالفاحصين اعلاه و انتجت التضربيات (Zm19xZm21)

الوسطيين (تم استبعاد النباتات الحارسة) من كل وحدة تجريبية لدراسة الصفات الحقلية المطلوبة. بعد النضج قطعت النباتات من الحقل (لكل وحدة تجريبية) و تم فصل الاوراق عن السيقان و تم وزنها. جففت السيقان في الفرن الكهربائي عند درجة حرارة 108° ولمدة أربعة أيام بينما جففت الاوراق عند درجة حرارة 108° ولمدة ثمان ساعات حتى درجة تكسر النباتات و اعتمدت الاوزان الجافة بعد التجفيف. كذلك تم تعيير رطوبة الحبوب وذلك بوزنها و قياس رطوبتها عند الحصاد ثم عدلت أوزانها عند رطوبة 15% و تم تدوين النتائج. اجري تحليل البيانات إحصائياً للصفات المدروسة ببرنامج Genstat. قورنت المتوسطات باستخدام اقل فرق معنوي (أ.ف.م) عند مستوى أحتمالية 5% و 10%.

النتائج والمناقشة

وزن الحبة وعدد الحبوب بالمتر المربع

يتحدد الوزن النهائي للحبة من خلال حجم المصب ومقدرته على سحب اكبر قدر من المواد الايضية من المصدر والمرتبطة بمدى فاعلية الاوراق للقيام بالتمثيل الكربوني (38). كذلك تبدأ الحبوب بالتشكل والامتلاء بسرعة بعد الاخصاب ويتراكم معدل ثلاثة ارباع الوزن الجاف للحبوب عند نهاية الطور العجيني، ثم يبلغ حده الاقصى عند النضج الفسلجي (39). يعد وزن الحبة من مكونات الحاصل المهمة التي تؤثر بصورة مباشرة في حاصل النبات الواحد من الحبوب وهو من الصفات الاكثر توارثاً والذي يتفاوت بشكل ملحوظ بين التراكيب الوراثية (1 و 2 و 32). يرتبط وزن الحبة بالطبيعة الوراثية للصنف وكذلك بمدى امتلائها ومعدل نموها والمساحة الورقية وكفاءة التمثيل الكربوني والمرتبطة جميعاً بكفاءة نظام (SCC) الذي يؤدي الى زيادة ترسيب المادة الجافة في الحبوب واعطاء الحبة وزن اعلى ظهرت فروقات معنوية بين التضربيات الناتجة من آباء منتخبة مبكرة ومتاخرة التزهير في وزن الحبة عند مستوى 5% و 10% بشكل منفصل. كذلك ظهرت فروقات معنوية فيما بين التضربيات الناتجة من آباء منتخبة متاخرة التزهير. اعطى التضربيب 1960 المنتخب من آباء مبكرة التزهير اعلى وزن حبة (294 ملغم) يليه التضربيب 5121 المنتخب من آباء مبكرة الذي اعطى وزن حبة (250 ملغم)، فيما اعطى

Zm32xZm21 و Zm51xZm21 و Zm61xZm21 من تضربيب الفاحص المتأخر التزهير Zm21 و النباتات المبكرة التزهير المنتخبة من السلالات اعلاه والتضربيات (Zm19xZm60 و Zm32xZm60 و Zm51xZm60) و Zm61xZm60) الناتجة من تضربيب الفاحص المبكر التزهير Zm60 و النباتات المبكرة التزهير المنتخبة من السلالات اعلاه و التضربيات (Zm19xZm21 و Zm32xZm21 و Zm51xZm21 و Zm61xZm21) الناتجة من تضربيب الفاحص المتأخر التزهير Zm21 و النباتات المتأخرة التزهير المنتخبة من السلالات اعلاه و التضربيات (Zm19xZm60 و Zm32xZm60 و Zm51xZm60 و Zm61xZm60) الناتجة من تضربيب الفاحص المبكر التزهير Zm60 و النباتات المتأخرة التزهير المنتخبة من السلالات اعلاه. تم في الموسم الرابع زراعة بذور التضربيات واجريت المقارنة فيما بينها في بعض صفات النمو والحاصل ومكوناته. طبقت التجربة على وفق تصميم القطاعات الكاملة المعشاة بثلاثة مكررات، وقسم الحقل إلى وحدات تجريبية مساحة الواحدة منها (2م×3م) احتوت كل وحدة تجريبية على 4 خطوط بالاضافة الى الخطوط الحارسة. زرعت النباتات بكثافة 80,000 نبات.هـ⁻¹ (60 سم x 20.8 سم) واجريت المقارنة فيما بينها للصفات اعلاه. طبقت التجربة في تربة مزيج طينية غرينية في حقل قسم المحاصيل الحقلية في كلية الزراعة - جامعة بغداد. حرثت الارض بالمحراث المطرحي القلاب ونعمت ونثر سمد السوبر فوسفات الاحادي (22% P₂O₅) بمعدل 200 كغم.هـ⁻¹ وسمد يوريا (46% N) بمعدل 200 كغم.هـ⁻¹ كدفعة اولى و سمد كبريتات البوتاسيوم (K₂O) (50% بمعدل 200 كغم.هـ⁻¹). أجريت عمليات التعشيب والري بحسب الحاجة. أضيفت دفعة ثانية من سمد اليوريا بمعدل 200 كغم.هـ⁻¹ من عنصر N عند بداية التزهير. استعمل مبيد الديازينون السائل 60% مادة فعالة لمكافحة حشرة حفار ساق الذرة وبمقدار 100 مل مبيد لكل 100 لتر ماء على دفعتين ، الأولى في مرحلة 4 إلى 5 ورقة، والأخرى بعد 15 يوماً من الدفعة الأولى. زرعت النباتات في 18 تموز للمواسم الخريفية وفي 18 آذار للمواسم الربيعية. اختيرت عينات عشوائية تتكون من عشرة نباتات من الخطتين

بالرغم من امتلاكه عدد حبوب أقل 2% من التضريب الأخير وذلك بسبب امتلاكه وزن حبة أعلى (240 ملغم) (جدول 1) ومدة امتلاء حبة أعلى ومعدل نمو للحبة أعلى (جدول 2) وعدد ايام للنضج الفسلجي أعلى (لم يعرض الجدول).

جدول 2. مدة امتلاءها (يوم) و معدل نمو الحبة (غم. م⁻²) لتضريبات الذرة الصفراء المنتخبة الآباء المبكرة

والمتأخرة

التضريبات				الآباء المنتخبة	
متأخر		مبكر		متوسطات القيم	
معدل نمو الحبة (SGR)		مدة امتلاء الحبة (SFD)			
1.9	2.1	35	38	19 21	
2.4	2.3	36	40	32 21	
3.1	3.2	38	38	51 21	
3.7	3.0	35	40	61 21	
2.9	3.4	34	37	19 60	
3.2	3.3	35	38	32 60	
3.1	3.1	36	38	51 60	
3.5	3.3	34	37	61 60	
0.7		2		أفم	
0.6		2		%5	
				%10	

مدة امتلاء الحبة و معدل نموها

ان المدة الممتدة من التزهير والاختصاص لغاية النضج الفسلجي يطلق عليها بمدة امتلاء الحبة وتحسب بطرح عدد الايام للتزهير الاثنوي من عدد الايام للنضج الفسلجي. ان مدة امتلاء الحبة ونسبة نموها هما عاملان مهمان يحددان وزن الحبة النهائي. تتأثر مدة امتلاء الحبة بمقدار المواد المصنعة الواردة اليها والتي تكون مرتبطة بمدة التمثيل الكاربوني وسرعته بالإضافة الى تأثيرات درجة الحرارة والشد المائي. ان تحكم العامل الوراثي في مدة امتلاء الحبة يكون أكثر من تحكم العامل البيئي. أكد Tollenaar وآخرون (37) من أنه يمكن زيادة حاصل الحبوب في هجن الذرة الصفراء بمقدار (0.37 طن.ه⁻¹) لكل يوم واحد زيادة في مدة امتلاء الحبة (الفترة من الاختصاص لغاية النضج الفسلجي). اما معدل نمو الحبة فهو الزيادة الحاصلة في وزن الحبة في وحدة الزمن ويعبر عنه بوحدات (غم.يوم⁻¹). ان معدل نمو الحبة يلعب دوراً هاماً في تحديد حاصل الحبوب للذرة الصفراء، فقد أعطت بعض هجن الذرة الصفراء ذات موسم النمو القصير حاصل حبوب عالي بسبب امتلاكها معدل نمو عالي (24). تختلف الاصناف في معدلات نمو نباتاتها (CGR) وحبوبها (SGR) ويختلف الصنف الواحد من سنة لآخرى و من عامل نمو لآخر في تلك المعدلات من

التضريب 1921 المنتخبة من آباء متأخرة التزهير أقل وزن حبة (171 ملغم) يليه التضريبان 3221 و 1960 المنتخبان من آباء منتخبة متأخرة التزهير (191 ملغم) بالتساوي (جدول 1).

جدول 1. وزن الحبة (ملغم) و عدد الحبوب بالمتري المربع (حبة. م⁻²) لتضريبات الذرة الصفراء المنتخبة الآباء المبكرة

والمتأخرة

التضريبات				الآباء المنتخبة	
متأخر		مبكر		متوسطات القيم	
عدد الحبوب		وزن الحبة			
3349	3328	171	199	19 21	
3839	3697	191	208	32 21	
4056	4037	245	250	51 21	
4565	4561	240	217	61 21	
4296	3591	191	294	19 60	
4513	4232	205	244	32 60	
4145	4317	225	232	51 60	
4658	4519	215	228	61 60	
847		040		أفم	
704		030		%5	
				%10	

ان من مكونات الحاصل المهمة كذلك هي عدد الحبوب والتي تؤثر بصورة مباشرة في حاصل النبات الواحد وحاصل الحبوب بوحدة المساحة (21). ان عدد الحبوب مرتبط بوقت التزهير حيث تتكون مناشئ الازهار ثم تنضج الازهار وتتخصب وتتشكل الحبوب. يتأثر عدد الحبوب بنسبة الاختصاص والايام يتأثر كثيرا بدرجات الحرارة والرطوبة النسبية وتزامن التزهير الذكري والاثنوي اللذان يثاران بشد عوامل البيئة. لم تظهر فروقات معنوية بين التضريبات الناتجة من آباء منتخبة مبكرة ومتأخرة التزهير في عدد الحبوب بالمتري المربع ولكن ظهرت فروق معنوية بين التضريبات الناتجة من آباء منتخبة مبكرة و كذلك بين التضريبات الناتجة من آباء منتخبة متأخرة التزهير، فقد تفوق التضريب 6160 واعطى عدد حبوب 4658 حبة بالمتري المربع مقارنة بالتضريبات الاخرى (جدول 1) ولكنه لم يعطي اعلى حاصل حبوب بوحدة المساحة وذلك لاعطائه اقل مدة امتلاء للحبة (جدول 2) واقل عدد ايام للنضج الفسلجي (لم يعرض الجدول). اعطى التضريب 6121 عدد حبوب عالي للتضريبات المنتخبة من آباء مبكرة ومتأخرة التزهير على حد سواء (4561 و 4565 حبة) بالتتابع (جدول 1). بالمقارنة بين التضريبات المختلفة، فقد أعطى التضريب 6121 الناتج من آباء منتخبة متأخرة التزهير حاصل حبوب أعلى من التضريب 6061 الناتج من آباء منتخبة متأخرة التزهير

من وقت تزهيره المتأخر (66.7 يوماً من الزراعة) (لم يعرض الجدول). ان سبب ذلك يعود الى الطبيعة الوراثية لذلك التضريب والى معدل نمو الحبة العالي (3.7 غم.يوم⁻¹) (جدول 1) و عدد حبوب بالمر المربع عالى (4565 حبة.م⁻²) ، بالاضافة الى مدة متوسطة لامتلاء الحبة (35 يوماً) (جدول 2). ظهر فرق معنوي بين نباتات التضريب 6121 الناتج من آباء منتخبة مبكرة التزهير وكذلك النباتات المنتخبة من آباء متأخرة التزهير لنفس التضريب في معدل نمو الحبة (جدول 2). كان اعلى معدل نمو للحبة بين التضريبات الناتجة هو للهجين 6121 الناتج من آباء منتخبة متأخرة (3.7 غم.يوم⁻¹) للحبة متفوقاً على نفس التضريب الناتج من آباء منتخبة مبكرة التزهير بنسبة 23% لمعدل نمو الحبة (جدول 2).

حاصل الحبوب بالمر المربع وبالهاكتار

ان حاصل الحبوب هو أهم مقياس حقلي يعول عليه للصف، فهو يمثل في الذرة الصفراء مثلاً المحصلة النهائية للكثير من الفعاليات الحيوية التي يقوم بها النبات خلال موسم النمو والمرتبطة أساساً بالعامل الوراثي وتداخله مع عوامل النمو المتاحة، أو يمكن وصفه بالحاصل النهائي للمساهمة الفعلية لعدد الحبوب المحصودة في معدل وزنها (2 و 20 و 36). ان حاصل الحبوب لاي صنف يرتبط بالجينات المسؤولة عن وراثته المكونات الوراثية - المظهرية (يمكن اختصارها بعدد الحبوب ووزن الحبة) واختلافاتها بالتعبير الجيني والتي تكون مرتبطة أصلاً بفعل المكونات الوراثية - الفسليجية (CGR و HI% و TDM و DTM) وتغايراتها ومرتبطة أيضاً بالمكونات الوراثية للصفات المرتبطة بالتحسس للمدة الضوئية مثل (ارتفاع النبات و ASI و DT)، وان كل تلك المكونات الوراثية المختلفة تكون مرتبطة بحجم ثابت مقدرة النظام (SCC) للنبات (28 و 33 و 41). ان الاساس الوراثي لحاصل الحبوب في وحدة المساحة أو للنبات لا يمكن دراسته من دون فصله الى مكوناته الاساسية ودراسة الاسس الوراثية لكل مكون والتي تشمل عدد الرؤوس و عدد الحبوب و وزن الحبة وكلها تتفاوت في التأثير من صنف لآخر ومن بيئة لاخرى. ان عدد الحبوب هو احد المكونين الذي يعزى اليه التفاوت في حاصل الحبوب للاصناف (2 و 6). ان وزن الحبة هو من الصفات الأكثر

النمو بسبب التداخل الوراثي - البيئي او التأثير البيئي. ان SGR يرتبط بمعدلات تزويد المواد الايضية من النبات الام. ان قلة عدد الحبوب بالنبات يزيد من SGR في ذلك النبات. يتأثر SGR بدرجة الحرارة والشد المائي ويكون ذو علاقة ببعض هرمونات النبات المرتبطة بالاضاءة وشدتها ومدتها. أظهرت نتائج مسح مواقع الصفات الكمية (QTLs) الذي اجري على عدد كبير من سلالات وهجن الذرة الصفراء بان معدل مدة امتلاء الحبة يكون مسيطر عليه بواسطة آلية وراثية معقدة وتم الكشف عن عدة (QTLs) تؤثر على معدل نمو الحبة خلال مدة امتلاء الحبة والتي ربما تسهم في زيادة حاصل الحبوب (24). ظهرت فروق معنوية بين التضريبات الناتجة من الآباء المنتخبة المبكرة و المتأخرة التزهير في مدة امتلاء الحبة وكذلك ظهرت فروق معنوية فيما بين التضريبات الناتجة من آباء منتخبة مبكرة التزهير وكذلك فيما بين التضريبات الناتجة من آباء منتخبة متأخرة التزهير، حيث كانت أعلى مدة امتلاء حبة للهجينين 3221 و 2161 بلغت 40 يوماً من الاخصاب (جدول 2). على الرغم من ذلك فان التضريب 3221 فشل في اعطاء حاصل حبوب عالي (جدول 3) على الرغم من امتلاكه مساحة ورقية عالية (لم يعرض الجدول) ويعزى سبب ذلك الى ضعف كفاءة ثابت مقدرة النظام (SCC) والذي قد يكون مرتبطاً بالطبيعة الوراثية للنبات. من جهة أخرى فان السبب يعزى الى معدل نمو النبات والحبة الواطئين (جدول 2) وعدد الحبوب القليل (جدول 1) و كذلك يعزى الى وقت التزهير المتأخر نسبياً (لم يعرض الجدول). أما التضريب 6121 المنتخب من كلا الابوين المبكر و المتأخر التزهير فقد أعطى حاصل حبوب جيد واكثر من التضريب 3221 والمنتخب من كلا الابوين وبنسب 29% و 48% للآباء المنتخبة المتأخرة التزهير، حيث كانت أعلى مدة امتلاء حبة للتضريبين 3221 و 2161 و بلغت 40 يوماً من الاخصاب (جدول 2) للآباء المبكرة و المتأخرة بالتتابع (جدول 3). بشكل عام فان جميع التضريبات الناتجة من آباء مبكرة التزهير قد اعطت حاصل حبوب اعلى من تلك المنتخبة من آباء متأخرة التزهير باستثناء التضريب 6121 المنتخب من أب متأخر التزهير الذي اعطى حاصل حبوب اعلى بنسبة 10% من التضريب 6121 المنتخب من أب مبكر التزهير (جدول 3) على الرغم

امتلاكه دليل مساحة ورقية أقل و أيام للنضج الفسلجي أقصر (لم تعرض الجداول) و عدد حبوب أقل (جدول 1) من نظيره (3.65 م².م² و 100 يوم و 3591 حبة ، بالتتابع) أي بنسب 2% و 16% و 2%، أقل بالتتابع. أعطت أغلب التضريريات الناتجة من آباء منتخبة مبكرة التزهير حاصل حبوب أعلى من تلك المنتخبة من آباء منتخبة متأخرة التزهير باستثناء التضرير 6121 الذي أعطى فيه التضرير المنتخب من آباء متأخرة حاصل حبوب أعلى من نظيره المنتخب من آباء مبكرة بنسبة 10%، حيث كان حاصل الحبوب له 1.09 كغم.م⁻² (10.9 طن.ه⁻¹) (جدول 3).

جدول 3. حاصل الحبوب (كغم. م⁻²) و (طن متري.ه⁻¹) لتضريريات الذرة الصفراء المنتخبة الآباء المبكرة والمتأخرة

الآباء المنتخبة				التضريريات
متأخر		مبكر		
متوسطات القيم				
حاصل الحبوب للهكتار		حاصل الحبوب بالمتر المربع		
5.621	6.642	0.56	0.66	19 21
7.370	7.691	0.74	0.77	32 21
9.952	10.214	1.00	1.02	51 21
10.899	9.901	1.09	0.99	61 21
8.188	10.516	0.82	1.05	19 60
9.158	10.307	0.92	1.03	32 60
9.386	10.029	0.94	1.00	51 60
10.024	10.199	1.00	1.02	61 60
2.065		0.21		أفم
1.716		0.17		%5
				%10

عند فصل حاصل الحبوب للهجين 6121 الناتج من آباء منتخبة متأخرة الى مكونات وتحت المكونات للحاصل نجد بأن هناك ارتباطاً بين مكونات الحاصل (عدد الحبوب و وزن الحبة) حيث كان عدد حبوبه 4565 حبة.م⁻² وهو ثاني أعلى عدد حبوب بين التضريريات الداخلة في التجربة، أي بنسبة 2% أقل من أعلى هجين (4658 حبة.م⁻²) الذي أعطاه التضرير 6160 المنتخب من آباء متأخرة التزهير (جدول 1)، أما بالنسبة لوزن الحبة فقد أعطى التضرير 2161 وزن حبة عال نسبياً (240 ملغم) وهو أقل (18%) من أعلى وزن حبة (294 ملغم) التي أعطاه التضرير 1960 وأعلى (40%) من أقل وزن حبة (171 ملغم) اعطاها التضرير 2119 وكذلك أعلى بنسبة 8% من معدل وزن الحبة للتضريريات الداخلة بالتجربة مجتمعةً (222 ملغم) (جدول 1). ان مدة امتلاء الحبة ومعدل نموها هما أهم عاملين لتحديد وزن الحبة وهما مكونان لوزن الحبة، ان التضرير 6121 الناتج من آباء منتخبة متأخرة التزهير كانت

توارثاً والذي يتفاوت بشكل ملحوظ بين التراكيب الوراثية (1 و 2 و 32). يتحدد وزن الحبة النهائي من خلال مساهمة الصفات المرتبطة بتراكم المادة الجافة (1 و 2 و 31). ترتبط معظم الاختلافات الوراثية لوزن الحبة بالتغيرات في معدل نمو الحبة خلال مدة امتلائها. ان معدل نمو الحبة يعتمد اعتماداً كبيراً على القدرة الاستيعابية للمصب لترسيب المادة الجافة وملاء الحبة والتي تكون مرتبطة بالمحتوى الرطوبي للمصب الذي يتناقص بتزايد ترسيب المادة الجافة داخل الحبة وصولاً الى النضج الفسلجي. من جهة أخرى فان مدة امتلاء الحبة تعتمد أيضاً على معدل فقد الحبة للرطوبة والذي يتحدد بهما بلوغ الصنف الى مرحلة النضج الفسلجي (2). ان مساهمة تلك الصفات المتعلقة بمكونات ووزن الحبة تختلف من مادة وراثية لأخرى (7). ان صنفاً مبكراً في التزهير قد يعطي حاصل حبوب أعلى من آخر متأخر بالتزهير وله مدة نمو أطول لان المبكر حدث تزهيره عند درجة حرارة مناسبة فكانت نسبة الاخصاب فيه عالية بينما الثاني كان تزهيره عند درجة حرارة عالية فانخفضت نسبة الاخصاب فيه فقل الحاصل. كذلك فان طول موسم النمو اذا كان متزناً في العلاقة بين المصدر و المصب وتحت ظروف نمو جيدة فان ذلك يسبب زيادة في معدل وزن الحبة فالحاصل لان (TDM) يكون عالياً فيمتلك مركبات أيضاً كافية لزيادة عدد الحبوب ووزنها للصنف أثر الانتخاب للآباء المبكرة و المتأخرة معنوياً في حاصل الحبوب بوحدة المساحة، حيث تفوق التضرير 1960 الناتج من آباء منتخبة من سلالات مبكرة التزهير على نظيره الناتج من آباء منتخبة من سلالات متأخرة التزهير معنوياً في حاصل الحبوب بالمتر المربع والهكتار (1.05 كغم.م⁻² و 0.82 كغم.م⁻² و 10.516 طن.ه⁻¹ و 8.188 طن.ه⁻¹، بالتتابع). ان سبب تفوقه يعزى الى ازهاره المبكر (63.3 يوماً) (لم يعرض الجدول) و مدة امتلاء حبته الطويلة (37 يوماً) و معدل نمو حبته العالي (3.4 غم.يوم⁻¹) (جدول 2) والتي أسهمت جميعها في زيادة وزن الحبة (294 ملغم) (جدول 1) و بالتالي حاصل الحبوب لوحدة المساحة (10.516 طن.ه⁻¹) (جدول 3)، أي بنسب زيادة على نظيره التضرير الناتج من آباء منتخبة من سلالات متأخرة 1960، 4.4 يوم و 9% و 8% و 17% و 54% و 28%، بالتتابع. بالرغم من

الصفات والظواهر المعقدة مثل ظاهرة قوة الهجين (16 و 26 و 29 و 30 و 35). لقد أكد Ni و آخرون (30) في دراسة على نبات اذن الفأر على أن التغييرات في تعبير بعض الجينات التنظيمية تكون مرتبطة بقوة بنمو هجن نباتات أذن الفأر، وهذا ربما يُفسر تفوق التضرير 6121 المنتخب من آباء متأخرة في حاصل الحبوب على التضرير المنتخب من آباء مبكرة على الرغم من تفوق الأخير على الأول بمعدل دليل المساحة الورقية (7%) (لم يعرض الجدول) وبمعدل مدة امتلاء الحبة (14%) (جدول 2) وقد أزهز بوقت أبكر (4.7 يوماً) (لم يعرض الجدول)، وقد تساوى تقريباً في عدد الأيام للنضج الفسلجي (102 يوماً) (لم يعرض الجدول) و في عدد الحبوب بالمتر المربع (جدول 1)، الا ان الأول كان له معدل نمو نبات اعلى (لم يعرض الجدول) ومعدل نمو حبة أعلى من الاخير (جدول 2) (18% و 19%)، بالتتابع) فكان له وزن حبة أعلى (10%) (جدول 1) و حاصل حبوب في وحدة المساحة اعلى بنسبة 9% (جدول 3). أوضحنا سابقاً بان الانتخاب للآباء المبكرة و المتأخرة أثر معنوياً في حاصل الحبوب لوحدة المساحة، حيث كان حاصل الحبوب لكافة التضريرات الناتجة من آباء مبكرة التزهير أعلى من نظيراتها المنتخبة من آباء متأخرة بالتزهير باستثناء التضرير 6121 (الذي تمت مناقشته آنفاً) حيث كانت الحالة فيه معكوسة. تفوق التضرير 1960 الناتج من آباء منتخبة مبكرة التزهير معنوياً على نظيره الناتج من آباء منتخبة متأخرة التزهير في حاصل الحبوب بنسبة 29% حيث أعطى 10.516 طن.هـ¹ وهو أعلى بنسبة 15% من معدل حاصل الحبوب للتضريرات الأخرى الداخلة بالتجربة (جدول 3). بالرجوع الى بعض النتائج المذكورة نجد أن الفرق في حاصل الحبوب للهجينين المذكورين اعلاه يعود الى عدد الأيام الى 90% تزهير اثوي (لم يعرض الجدول) الذي بدوره أثر في مدة امتلاء الحبة (جدول 2) فزاد من ترسيب المادة الجافة في الحبوب (لم يعرض الجدول) وأدى الى زيادة وزن الحبة بشكل معنوي والذي ساعد على ذلك قلة عدد حبويه (جدول 1) مقارنة بالتضرير المنتخب من آباء متأخرة بنسبة 16% فبالنتيجة تم ترسيب وزن أعلى في عدد أقل من الحبوب. من جهة أخرى فان المكونات الوراثية – الفسلجية كانت أفضل في التضرير الناتج من آباء منتخبة مبكرة التزهير فأسهمت

له مدة امتلاء حبة (35 يوماً) وهي أقل (12.5%) من أطول مدة امتلاء لأعلى التضريرات الداخلة في التجربة (40 يوماً)، وكان له معدل نمو حبة (3.7 غم.م⁻²) متفوقاً على ثاني أفضل هجين لهذه الصفات بمعدل 10% و 8%، بالتتابع (جدول 2). ان هذا يفسر لنا سبب تفوق هذا التضرير في حاصل الحبوب بوحدة المساحة، حيث أعطى عدد حبوب عال بوحدة المساحة (جدول 3) واعطى معدل ترسيب مادة جافة للحبوب عال على الرغم من ان مدة امتلاء الحبة له كانت أقل 5% من معدل التضريرات الأخرى (جدول 2). بالرجوع الى المكونات الوراثية – الفسلجية الأخرى لهذا التضرير، فان عدد الأيام للنضج الفسلجي له كانت متوسطة (102 يوماً) وهي أكثر بيومين من أقل هجين وأقل بثلاثة أيام من أعلى هجين في عدد الأيام للنضج الفسلجي بالتتابع (لم يعرض الجدول)، حيث ان نباتاته وصلت الى التزهير الاثوي بعدد أيام أطول (4.7 يوماً) (لم يعرض الجدول) وكانت مدة امتلاء حبته قصيرة، على الرغم من امتلاكه معدل دليل مساحة ورقية 26% أقل من أعلى هجين (لم يعرض الجدول) إلا أنه كوّن أعلى مادة جافة للنباتات الخضرية وأعلى حاصل مادة جافة كلية (لم يعرض الجدول) بين التضريرات الداخلة بالتجربة والسبب يعود الى معدل نمو الحبة الأعلى بين التضريرات (جدول 2) وكذلك الى امتلاكه دليل حصاد متوازن (0.49) (لم يعرض الجدول). ان المفهوم السائد هو أن المساحة الورقية العالية ترتبط ايجاباً مع حاصل الحبوب ولها أهمية في ابراز المقدرة الانتاجية للنبات، إلا ان التضرير 6121 الناتج من آباء منتخبة متأخرة بالتزهير يمتلك دليل مساحة ورقية متوسط وأعطى أعلى حاصل حبوب. ان ذلك يعزى الى كفاءة نظام التمثيل الكربوني لهذا التضرير وكذلك كفاءة ثابت مقدرة النظام (SCC) له فازداد ترسيب المادة الجافة في الحبوب وازداد معدل نموها فحاصلها. ان ذلك مرتبط بالطبيعة الوراثية للهجين وقد يرتبط أيضاً بتأثيرات غير وراثية التي تلعب دوراً هاماً في احداث تغييرات في التعبير الجيني لبعض الجينات التنظيمية والأبضية فتؤثر في الآليات الجزيئية لقوة الهجين فتؤدي الى تغيير بعض الصفات في النبات وتجعله يبدي أداءً متميزاً. ان ذلك يتفق مع تفسير عدد من الباحثين بأن هناك تأثيرات لفوق الوراثة على الآليات الجزيئية للعديد من

مترى.ه¹) (الجدول 1-3)، بينما تفوق الأخير على الأول في صفات عدد الأيام للنضج الفسلي (104 يوماً) وارتفاع النبات (152 سم) (لم تعرض الجدول). من جهة أخرى تفوق التضرير 1960 الناتج من تضرير الفاحص المبكر التزهير Zm60 مع أباء متأخرة التزهير منتخبة من السلالة Zm19 على التضرير 1921 الناتج من تضرير الفاحص المتأخر التزهير Zm21 مع أباء متأخرة التزهير منتخبة من السلالة Zm19 معنوياً في قيم ارتفاع النبات (129 سم) وحاصل المادة الجافة للنموات الكلية (1.73 كغم.م²) ومعدل نمو النبات (16.94 غم.م².يوم) و دليل الحصاد (0.47) (لم تعرض الجدول)، و في معدل نمو الحبة (2.9 غم.م².يوم) و عدد الحبوب (4264 حبة) و حاصل الحبوب لوحدة المساحة (8.188 طن.ه¹) (الجدول 1 - 3). بشكل عام فان أغلب التضريرات الناتجة من تضرير الآباء مبكرة التزهير المنتخبة من جميع السلالات الداخلة في التجربة مع فاحص مبكر التزهير (Zm60) أعطت حاصل حبوب لوحدة المساحة أعلى مقارنة بالتضرير بفاحص متأخر التزهير (Zm21) نتيجة لمعدلات نمو النبات و الحبة و وزنها وحاصل المادة الجافة للنموات الخضرية والكلية ودليل الحصاد العالية، باستثناء التضرير 5121 الذي أعطى أعلى حاصل حبوب لوحدة المساحة مقارنةً بالتضرير 5160 (جدول 1). كذلك فان أغلب التضريرات الناتجة من تضرير الآباء مبكرة التزهير المنتخبة من السلالات الداخلة في التجربة مع فاحص مبكر التزهير (Zm60) و كذلك بفاحص متأخر التزهير (Zm21) قد أعطت حاصل حبوب لوحدة المساحة أعلى مقارنةً بالتضريرات الناتجة من تضرير الآباء متأخرة التزهير المنتخبة من السلالات الداخلة في التجربة مع فاحص مبكر التزهير (Zm60) و كذلك بفاحص متأخر التزهير (Zm21) باستثناء التضرير 6121 الذي أعطى أعلى حاصل حبوب لوحدة المساحة مقارنةً بالتضرير 6160 (جدول 3)، ان سبب هذا الاستثناء للتضريبين 5121 و 6121 قد يعود الى قابلية الاتحاد الخاصة. انه ولاجل استبعاد تداخل تأثير قابلية الاتحاد الخاصة مع الفعل المبكر للسلالة، يستحسن إجراء انتخاب (مبكر و متأخر) على الفاحص كذلك. إن موعد التزهير من الصفات المعقدة والمهمة في نفس الوقت والتي تؤثر في مكونات الحاصل

بشكل ايجابي في زيادة حاصل الحبوب. لقد كان معدل النمو العالي للنبات (لم يعرض الجدول) متلازماً أيضاً مع معدل النمو العالي للحبة (جدول 2) (18.30 غم.م².يوم و 3.4 غم.م².يوم، بالتتابع) ومدة امتلاء الحبة (37 يوماً) (جدول 2) فانعكس ايجاباً على دليل الحصاد (0.56) (لم يعرض الجدول) حيث كان معدل حاصل الحبوب مقارنةً بمعدل حاصل المادة الجافة للنموات الخضرية أعلى بنسبة 30%. ان السبب نفسه يعزى الى انخفاض حاصل الحبوب في التضرير 1960 المنتخبة من أباء متأخرة التزهير، حيث كان له معدل نمو نبات و معدل نمو حبة ومدة امتلاء حبة منخفضة (جدول 2) (بالرغم من ان عدد حبوبه كانت أعلى) فانعكس سلباً على وزن الحبة وحاصل الحبوب ودليل الحصاد حيث كانت نسبة حاصل المادة الجافة للنموات الخضرية أعلى (11%) على حاصل الحبوب بوحدة المساحة بسبب الزيادة في عدد الايام الى 90% تزهير انثوي (لم يعرض الجدول) التي قللت مدة امتلاء الحبة وترسيب المادة الجافة فيها. ظهرت فروق معنوية بين الفاحص المتأخر التزهير (Zm21) و الفاحص المبكر التزهير Zm60 في التأثير في صفات بعض التضريرات الناتجة من تضرير هذين الفاحصين مع الآباء المبكرة التزهير المنتخبة من السلالات Zm19 و Zm32 و Zm51 و Zm61. تفوق التضرير 1960 الناتج من تضرير الفاحص المبكر التزهير (Zm60) مع أباء مبكرة التزهير منتخبة من السلالة Zm19 على التضرير 1921 الناتج من تضرير الفاحص المتأخر التزهير (Zm21) مع أباء مبكرة التزهير منتخبة من السلالة Zm19 معنوياً حاصل الحبوب لوحدة المساحة (10.516 طن.ه¹) (جدول 3). كذلك تفوق التضرير 3260 الناتج من تضرير الفاحص المبكر التزهير (Zm60) مع أباء مبكرة التزهير منتخبة من السلالة Zm32 على التضرير 3221 الناتج من تضرير الفاحص المتأخر التزهير (Zm21) مع أباء مبكرة التزهير منتخبة من السلالة Zm32 معنوياً في حاصل المادة الجافة للنموات الكلية (1.85 كغم.م²) و معدل نمو النبات (18.28 غم.م².يوم) و دليل الحصاد (0.56) (لم تعرض الجدول) و تفوق في معدل نمو الحبة (3.3 غم.م².يوم) و وزن الحبة (244 ملغم) و حاصل الحبوب لوحدة المساحة (10.307 طن

بعض الدراسات الحديثة معلومات قيّمة جداً حول دور فوق الوراثة في قوة الهجين من خلال مقارنة DNA وتغييرات sRNA وانماط التعبير الجيني في كل من الهجن وآبائها (34). لقد ابدت الهجن زيادة في ميثلة DNA بكامل الجينوم وخصوصاً في Transposable Elements (TEs). من المثير للاهتمام ان الزيادة في ميثلة DNA في جينوم الهجن حدثت في الغالب عند المناطق التي اختلفت فيها نسبة الميثلة بين الآباء والهجن والتي توجد فيها sRNA بنسب ملحوظة. ان هذا يعني بأن مسار RNA-directed DNA methylation (RdDM) قد يوجه ميثلة DNA في الهجن. اضافة لذلك فقد وجد بان 77 من الجينات الحساسة للميثلة قد تم تثبيط فعلها الاستساخي في الهجن (34). فضلاً عن ذلك، فقد تم الاستنتاج بان قوة نمو الهجن قد تم اضعافها من خلال معاملة الجينوم بمواد تعمل على ازالة ميثلة DNA وايقاف انتاج sRNA الفعّال في بعض هجن نباتات اذن الفأر وعليه تم الاستنتاج بان تغيير الميثلة في الجينوم الموجهة بواسطة مسار RdDM قد تلعب دوراً ملحوظاً في قوة الهجين.

REFERANCES

1. Alvarez, Prado, S., B.L. Gambín, A. D. Novoa, D. Foster, M.L. Senior, C. Zinselmeier, M.E. Otegui, and L. Borrás. 2013. Correlation between parental inbred lines and derived hybrid performance for grain filling traits in maize. *Crop Sci.* 53: 1636–1645.
2. Alvarez Prado S., C.G. López, M.L. Senior, and L. Borrás. 2014. The Genetic architecture of maize (*Zea mays* L.) kernel weight determination. *Crop Sci.* 9: 1611–1621.
3. Arteaga-Vazquez, M.; L. Sidorenko; F.A. Rabanal., R. Shrivastav; K. Nobutac; P.J. Greenc; B.C. Meyersc; and V.L. Chandlra. 2010. RNA-mediated trans-communication can establish paramutation at the b1 locus in maize. *PNAS* 107: 12986–12991.
4. Barber, W.T., W. Zhang, H. Win, K. K. Valara, J.E. Dorweiler, M.E. Hudson, and S.P. Moose. 2012. Repeat associated small RNAs vary among parents and following

وحاصل الحبوب للنبات وقد ترتبط بالصفات المظهرية للنبات مثل ارتفاعه و عدد أوراقه و امتلاء حبوبه (19). تم الكشف كذلك عن سلسلة من الجينات ضمن موقع جيني واحد لها علاقة بالتفاوت في موعد التزهير ولها تأثيرات متعددة في صفات عدة. فلكونها مرتبطة بقوة فيما بينها فضلاً عن فعلها الجيني المتفوق فهي تسهم في اظهار التغيرات في الصفات المظهرية المتعلقة بموعده التزهير (19). ان المساهمة المتباينة لعدد من الجينات والمواقع الجينية والطفرات التي تحدث في بعضها وطبيعة التعبير الجيني لها ونسبة مساهمة واختلاف تعبير الأليلات الأبوية وكذلك تداخلاتها المتبادلة، كلها تؤدي الى أختلاف التعبير الجيني سواء من خلال تنشيطه أو تثبيطه والذي بدوره يحدث تأثيرات جلية في الصفات المظهرية ومنها موعد التزهير. من هنا يمكننا الاستنتاج بان هناك اختلافاً في التعبير الجيني لبعض الجينات عن الأليلات الأبوية وهو خلاف لمبادئ الوراثة المنديلية التي تنص على ان الآباء ومن خلال جينوماتها تساهم بمقدار متساو لظهور الصفة في الذرية اللاحقة. أن هذا الاختلاف في التعبير يمكن اسناده الى ظواهر خارج نطاق الوراثة التقليدية أو الوراثة السايبتولازمية، حيث ان الاختلاف في التعبير الجيني هنا لا يعزى الى الاختلافات في تتابعات مادة DNA للأفراد والتي تقود بطبيعة الحال الى اختلاف التعبير الجيني للأفراد اللاحقة والتي تكون موروثه عبر الأجيال بل يعزى الى تحويرات وتغييرات في شكل الكروماتين، وقد تعزى كذلك الى تأثيرات مواد أخرى موجودة داخل الجينوم تسلك مسالك استساخية تمكنها من ابداء تعبيرات تؤثر في الصفات المظهرية. ان الظاهرة التي يتم بموجبها احداث تباين في التعبير الجيني دون حدوث اختلافات في تتابعات DNA يطلق عليها ظاهرة فوق الوراثة (epigenetic) ومن أشكالها تحويرات الكروماتين وميثلة DNA وتداخلات قطع (siRNA) الصغيرة. أشارت بعض الأبحاث بأن التغيرات الثابتة التي تحدث على الكروماتين سببها تدخل RNAi وكذلك فان مسارات siRNA ذات الاطوال القصيرة (21–24 nt) تلعب دوراً هاماً في احداث طفرات في جينات متعددة تؤدي في أغلب الأحيان الى تغييرات في الصفات المظهرية من بينها تأخير التزهير (3 و17). وذلك من خلال فعل اليلاتها (epialleles). وفرت

- hybridization in maize. PNAS 26 (109): 10444–10449.
5. Bingham I. J., J. Blake, M.J. Foulkes, and J. Spink, 2007. Is barley yield in the UK sink limited? II. Factors affecting potential grain size. *Field Crops Res.* 101: 212–220.
 6. Borrás L., and B.L. Gambin, 2010. Trait dissection of maize kernel weight: Towards integrating hierarchical scales using a plant growth approach. *Field Crops Res.* 118: 1–12.
 7. Borrás L., C. Zinselmeier, M.L. Senior, M.E. Westgate, and M.G. Muszynski. 2009. Characterization of grain-filling patterns in diverse maize germplasm. *Crop Sci.* 49: 999–1009.
 8. Brachi, B., N. Faure, M. Horton, E. Flahauw, A. Vazquez, M. Nordborgm J. Bergelson, J. Cuguen, and F. Roux. 2010. Linkage and association mapping of *Arabidopsis thaliana* flowering time in nature. *PLoS Genet.* 6(5): e1000940.
 9. Buckler, E. S., J. B. Holland, P.J. Bradbury, C.B. Acharya, P.J. Brown, C. Browne, E. Ersoz, S. Flint-Garcia, A. Garcia, J.C. Glaubitz, M.M. Goodman, C. Harjes, K. Guill, D.E. Kroon, S. Larsson, N.K. Lepak, H. Li, S.E. Mitchell, G. Pressoir, J.A. Peiffer, M.O. Rosas, T.R. Rocheford, M.C. Romay, S.Romero, S.Salvo, H.S. Villeda, H.S. da Silva, Q. Sun, F.Tian, N. Upadyayula, D. Ware, H. Yates, J. Yu, Z. Zhang, S. Keresovich, and M.D. McMullen. 2009. The genetic architecture of maize flowering time. *Science* 325: 714–718.
 10. Chardon, F., B. Virlon, L. Moreau, M. Falque, J. Joets, L. Decousset, A. Murigneux, and A. Charcosset. 2004. Genetic architecture of flowering time in maize as inferred from quantitative trait loci meta-analysis and synteny conservation with the rice genome. *Genetics* 168: 2169–2185.
 11. Chardon, F., D. Hourcade, V. Combes, A. Charcosset. 2005. Mapping of a spontaneous mutation for early flowering time in maize highlights contrasting allelic series at two-linked QTL on chromosome 8. *Theor. Appl. Genet.* 112(1):1-11.
 12. Chen, Z.J. 2013. Genomic and epigenetic insights into the molecular bases of heterosis. *Nat. Rev. Genet.* 14(7):471–482.
 13. Cockram, J., H. Jones, F.J. Leigh, D. O'Sullivan, W. Powell, D.A. Laurie, and A.J. Greenland, 2007. Control of flowering time in temperate cereals: genes, domestication, and sustainable productivity. *J. Exp. Bot.* 58, 1231-1244.
 14. Coelho, C.P., A.P. Costa Netto, J. Colasanti, and A. Chalfun-Junior. 2013. A proposed model for the flowering signaling pathway of sugarcane under photoperiodic control. *Genetics and Molecular Research* 12 (2): 1347-1359.
 15. Colasanti, J., and M. Muszynski, 2009. The Maize Floral Transition, pp. 41–55 in *Handbook of Maize: Its Biology*, edited by J. Bennetzen and S. Hake. Springer, New York.
 16. Cubas, P., C. Vincent, and E. Coen. 1999. An epigenetic mutation responsible for natural variation in floral symmetry. *Nature* 401:157–161.
 17. Dorweiler, J.E., and et al. 2000. Mediator of paramutation1 is required for establishment and maintenance of paramutation at multiple maize loci. *Plant Cell* 12:2101–2118.
 18. Durand, E., M. I. Tenaillon, C. Ridet, D. Coubriche, P. Jamin, S. Jouanne, A. Ressayre, A. Charcosset, and C. Dillman. 2010. Standing variation and new mutations both contribute to a fast response to selection for flowering time in maize inbreds. *BMC Evolutionary Biology.* 10: 2.
 19. Durand, E., S. Bouchet, P. Bertin, A. Ressayre, P. Jamin, A. Charcosset, C. Dillmann, and M. Tenaillon. 2012. Flowering time in maize: Linkage and epistasis at a major effect locus. *Genetics.* 190(4): 1547-1562.
 20. Elsahookie, M. M. 2007. *An Introduction to Plant Molecular Biology.* 2nd end., Ministry of Higher Education and Scientific Research, Univ. of Baghdad, Baghdad, Iraq, pp. 190.
 21. El-Shouny, K. A., O. H. El-Baguary, K. I. M. Ibrahim and S. A. Al-Ahmad. 2005. Correlation and path coefficient analysis in four yellow maize crosses under two planting dates. *Arab-Univ. J. Agri. Sci.* 13 (2):327-339.
 22. Fu, D., M. Xiao, A. Hayward, G. Jiang, L. Zhu, Q. Zhou, J. Li, and M. Zhang. 2015. What is crop heterosis: new insights into an old topic. *J. Appl. Genet.* 56(1):1-13. Epub 2014 Jul 16.
 23. Fu, J., Y. Cheng, J. Linghu, X. Yang, L. Kang, Z. Zhang, J. Zhang, C. He, X. Du, Z. Peng, B. Wang, L. Zhai, C. Dai, J. Xu, W.

- Wang, X. Li, J. Zheng, L. Chen, L. Luo, J. Liu, X. Qian, J. Yan, J. Wang, and G. Wang. 2013. RNA sequencing reveals the complex regulatory network in maize kernel. *Nat. Commun.* 4: 2832.
24. Greaves, I.K., M. Groszmann, H. Ying, J.M. Taylor, W.J. Peacock, and E.S. Dennis. 2012. Trans chromosomal methylation in Arabidopsis hybrids. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 109: 3570–3575.
25. Groszmann, M., I.K. Greaves, Z.I. Albertyn, G.N. Scofield, W.J. Peacock, and E.S. Dennis. 2011. Changes in 24-nt siRNA levels in Arabidopsis hybrids suggest an epigenetic contribution to hybrid vigor. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 108: 2617–2622.
26. He, X.J., T. Chen, and J.K. Zhu. 2011. Regulation and function of DNA methylation in plants and animals. *Cell Res* 21: 442–465.
27. Hofmann, N.R. 2012. A global view of hybrid vigor: DNA methylation, small RNAs and gene expression. *The Plant Cell*. 24(3): 841.
28. Krisda, S. and Y. Rapeepong. 2004. S1 selection in honeycomb design for the improvement of high yield maize (*Zea mays*L.) inbred and hybrid. *Kasetsart. J. (Nat. Sci.)* 38: 157-164.
29. Manning, K., M. Tör, M. Poole, Y. Hong, A.J. Thompson, G.L. King, J.J. Giovannoni, and G.B. Seymour. 2006. A naturally occurring epigenetic mutation in a gene encoding an SBP-box transcription factor inhibits tomato fruit ripening. *Nat. Genet.* 38: 948–952.
30. Ni, Z., E.D Kim, M. Ha, E. Lackey, J. Liu, Y. Zhang, Q. Sun, and Z.J.Chen. 2009. Altered circadian rhythms regulate growth vigour in hybrids and allopolyploids. *Nature* 457: 327–331.
31. Rondanini, D. P., R. Savin, and A.J. Hall. 2007. Estimation of physiological maturity in sunflower as a function of fruit water concentration. *Eur.J. Agron.* 26: 295–309.
32. Sadras, V.O. 2007. Evolutionary aspects of the trade-off between seed size and number in crops. *Field Crops Research*. 100(2-3): 125–138.
33. Samphantharak, K. and T. Ouanklin. 2003. Screening methods for high yield corn inbreds in honeycomb design and performances of their hybrid combinations. *Proceedings of the Asian Regional Maize Workshop* ,Bangkok ,Thailand ,August ,5-8.
34. Shen, H., H. He, J. Li, W. chen, X. Wang, L. Guo, Z. Peng, G. He, S. Zhong, Y. Qi, W. Terzaghi, and X.W. Deng. 2012. Genome-wide analysis of DNA methylation and gene expression changes in two Arabidopsis ecotypes and their reciprocal hybrids. *The Plant Cell*. 24:875–892.
35. Shindo, C., C. Lister, P. Crevillen, M. Nordborg, and C. Dean. 2006. Variation in the epigenetic silencing of FLC contributes to natural variation in Arabidopsis vernalization response. *Genes Dev.* 20: 3079–3083.
36. Slafer, G. A. 2003. Genetic basis of yield as viewed from a crop physiologist's perspective. *Ann. Appl. Biol.* 142(2): 117–128.
37. Tollenaar, M., and E.A. Lee. 2011. Strategies for enhancing grain yield in maize. *Plant Breeding Reviews*. 34:37-83.
38. Tollenaar, M., L. M. Dwyer, D. W. Stewart, and B. L. Ma. 2000. "Physiological parameters associated with differences in kernel set among maize hybrids". In Westgate M K. Boote, D. Knievel and J. Kiniry (eds.), *Physiology and modeling kernel set in maize*. CSSA. Spec. Publ. No. 29, Crop Science Society of American (CSSA) and American Society of Agronomy (ASA), USA, pp. 115-130.
39. Vanderlip, R. L. 1993. *How a Sorghum Plant Develops*. Kansas State University. pp 20. <http://WWW.oznet.Ksu.Edu>.
40. Xue, W.Y., Y.Z. Xing, X.Y. Weng, Y. Zhao, W.J. Tang, L. Wang, H.J. Zhou, S.B. Yu, C.G. Xu, X.H. Li, and Q.F. Zhang. 2008. Natural variation in Ghd7 is an important regulator of heading date and yield potential in rice. *Nat. Genet.* 40(6):761-767.
41. Zhang, M., S. Xie, X. Dong, X. Zhao, B. Zeng, J. Chen, H. Li, W. Yang, H. Zhao, G. Wang, Z. Chen, S. Sun, A. Hauck, W. Jin, and J. Lai. 2014. Genome-wide high resolution parental-specific DNA and histone methylation maps uncover patterns of imprinting regulation in maize. *Genome Res.* 24: 167–176.