# الذرة عالية البروتين

د. ضياء بطرس يوسف

مركز تربية وتحسين النبات / وزارة العلوم والتكنولوجيا

يعرف النبات في العراق بالذرة الصفراء، والذرة الشامي في مصر وبلاد الشام ولبنان والأردن وذرة السبول في ليبيا و corn في أوروبا وامريكا الشمالية و maize في أمريكا الوسطى والجنوبية و kokoroza في الاتحاد السوفيتي (سابقاً). وتعد احد اهم المحاصيل الحبوبية في العراق والعالم (جدول 1)، لما لها من تأثير واضح في اقتصاد وتجارة وصناعة وغذاء الشعوب، فتأتي بالمرتبة الثالثة في المساحة والإنتاج بعد الحنطة والرز. تدخل حبوب الذرة الصفراء في غذاء الانسان بشكل مباشر وغير مباشر، فضلاً عن قدرتها الإنتاجية العالية وقصر دورة حياتها. تزرع الذرة الصفراء في مدى واسع من الظروف البيئية، اذ تنتشر زراعتها الى خط عرض 50 شمال خط الاستواء و40 جنوبه وفي مناطق يصل ارتفاعها الى 3000م فوق مستوى سطح البحر وأخرى بمستوى سطح البحر وربما ادنى منه، مثل هولندا، وانعكاس ذلك على تحملها لظروف المناخ من حيث درجة الحرارة (8–50) م والفترة الضوئية (اقل من10ساعة وحتى16 ساعة اضاءة). ولأن الذرة الصفراء من المحاصيل خلطية التلقيح، فربما يعد الخزين الوراثي من التغايرات والموارد الوراثية من اكثر نباتات المحاصيل الحقلية والبستنية على وجه الأرض. مثل هذه المؤشرات وغيرها جعلت محصول الذرة الاوفر حظاً بين عموم المحاصيل والنباتات الراقية في استكشاف وتطبيق النظريات الوراثية.

## أهمية واستخدامات الذرة الصفراء:

تزرع الذرة الصفراء كمحصول حبوبي رئيس في مختلف بقاع العالم وتستخدم نواتجها المختلفة اكثر من نواتج محاصيل الحبوب الأخرى. فلكل جزء من أجزاء النبات قيمة اقتصادية، حيث تدخل الحبوب والأوراق والسيقان والنورات الذكرية وحتى الكوالح (الجزء الخشبي بعد تفريط الحبوب من العرنوص) في المئات من المنتجات الغذائية وغير الغذائية. واما الحبوب، فهي للاستهلاك البشري بشكل رئيسي عن طريق تغذية الانسان بشكل مباشر كما هو الحال في الذرة السكرية او ذرة الفشار (الشامية popcorn) او عمل مغذيات التسلية الأخرى كالجبس ورقائق الذرة (الكورن فلكس corn flax)، كما انها قد تدخل مباشرةً في انتاج الطحين او من المكونات الرئيسة لطحين الخبز او الصناعات الغذائية العديدة الأخرى مثل عجائن الذرة بالليمون الذي يزيد من وفرة الحامض الأميني، النياسين (عجينة masa في اسبانيا)، كما تطبخ العرانيص الخضراء في بلدان عديدة أهمها المكسيك وامريكا الوسطى. وتستخدم غذاءاً رئيسياً سواء كان مشوياً او مطبوخاً او مسلوقاً بعد إضافة المطيبات او التوابل او الحليب

agri-palm.com

في دول الكاريبي والامريكيتين وفي الكثير من دول افريقيا وآسيا ( kancha و chicha في البيرو والعصيدة Nshima و porridge في شرق افريقيا وجنوبها و kenkey في غربها، بينما تطبخ مع الرز في بعض البلدان الآسيوية). على العموم، يزيد عدد الوجبات المعدة لتغذية الانسان في أمريكا الشمالية على الألف نوع سواء كانت مصنعة يدوياً في البيت او تجارياً في مصانع ومعامل الأغذية، ومنها أغذية وجبات الفطور والأكلات السريعة وأنواع المعجنات والخبز والطحين والحساء والعصائر والمواد المثخنة للغذاء ومواد التحلية (لارتفاع نسبة الفركتوز والدكستروز) وصناعة الجريش وزيت الطبخ وصناعات الكحول (الجعة والويسكي). تدخل حبوب الذرة الصفراء في الكثير من الصناعات الغذائية والتحويلية الأخرى مثل صناعة الدكسترين والغراء ومساحيق التنظيف والاصماغ والاصباغ ومساحيق التجميل وغيرها. تدخل ضمن علائق الدواجن والماشية بنسبة تزيد على 66%، أي حوالي 330 مليون طن/ سنة (بحسب إحصاءات 1990–1992 لمنظمة الغذاء والزراعة الدولية) نظراً لما تقدمه حبوب المحصول من مادة جافة هي الأعلى بين محاصيل الحبوب الأخرى لحيوانات اللحم والحليب والبيض، ولمحتواها العالي من النشا وانخفاض محتواها من الألياف، مما يؤشر أهميتها في التجارة الدولية (الجدول 1). وعليه ، تعد حبوب الذرة الصفراء احد افضل مصادر الطاقة الغذائية للإنسان والحيوان على حد سواء الى جانب انخفاض سعرها تجارياً (الشكل 1). تستخدم أجزاء النبات المختلفة علفاً اخضراً او سايلج (علفاً محلى ومخمر ومخزون لأوقات شحة العلف الأخضر). اما بقايا المحصول في عمليات ما بعد الحصاد) فتستخدم في عمل اسيجة وسقوف حظائر الحيوانات والكثير من الصناعات اليدوية واحطاب التدفئة. واما بقايا عرنوص الذرة الصفراء بعد تفريط (نزع) الحبوب، أي ما يسمى "الكالح او القولحة" cob، والذي يمثل ناتجاً عرضياً غير مبتغى في العملية الإنتاجية، حيث ينتج حوالي 18–25 كغم من الكوالح مقابل انتاج 100 كغم حبوب، فقد ادخل في صناعات عديدة منها انتاج النايلون ووقود الفورفورال واعمال التنجيد وحفظ الأغذية وجزء من الأوساط الزراعية للفطريات وفرش حظائر الدواجن وعليقة مالئة في تغذية الحيوان في أوقات شحة العلف وصناعة البيتموس وغيرها.

اما بروتين الذرة الصفراء ( زين Zein) والذي يمثل 5%، أي حوالي نصف كمية البروتين الكلية، فهو فقير في محتواه من الحامضين الامينيين، اللايسين والتربتوفان، المهمان للأنسان. ادخل هذا البروتين في الكثير من الصناعات الدوائية، مثلما اعدت منه وجبات تغذية الأطفال عند الفطام.

غالباً ما تعد الذرة الصفراء المصدر الأساس والرئيس للسعرات الحرارية المجهزة للغذاء، وذلك لمحتواها العالي من النشأ (الكربوهيدرات). وعليه فقد اعتمدت مادة غذائية مهمة في تغذية الحيوان في عموم الولايات المتحدة الامريكية واوربا، مثلما تعد الغذاء الرئيس للأنسان في دول أمريكا اللاتينية والجنوبية والكثير من دول اسيا وافريقيا. تعد بروتينات الذرة الصفراء قليلة من حيث كميتها او محتواها من الاحماض الامينية الأساسية مقارنة ببعض المحاصيل الأخرى مثل الحنطة والرز ومحاصيل البقول مثل فول الصويا، حتى تم اكتشاف الطفرة عالية البروتين

agri-palm.com

في ستينات القرن الماضي. تم توليف بروتينات الذرة الصفراء وبروتينات فول الصويا لانتاج الكثير من الأغذية ذات الموازنة التغذوية العالية، وبالتالي اتجهت الصناعات الغذائية لانتاج أغذية الأطفال اكثر من غيرها. بلغ انتاج البروتين الكلي لمحصولي الذرة وفول الصويا في الولايات المتحدة الامريكية 16.18 و 10x17.73 كغم بحسب احصائيات وزارة الزراعة الامريكية عام 1986 في الوقت الذي بلغ الإنتاج العالمي لهما 10x28.73 كغم لنفس العام وعلى التوالي.

مثل هذه الأرقام الكبيرة عكست حجم الصناعات الغذائية وشجعت المشتغلين ببرامج تربية وتحسين الذرة الصفراء على تكثيف جهودهم في تطوير الطفرة عالية البروتين والمسماة Opaque2 كمصدر بروتين يمتلك مستوى عال من اللايسين والتربتوفان ومنخفضاً من بروتين الزاين مقارنةً بأصناف وهجن الذرة الصفراء الاعتيادية. تكللت جهود العلماء في المركز العالمي لتحسين الذرة الصفراء والقمح في المكسيكCIMMYT باستنباط وتطوير هجن متفوقة في محتواها من البروتين وذات حاصل حبوبي عالي.

يتوضح من الجدول (2) ان وجود الزين يؤشر انخفاض الحامضين الامينيين اللايسين والتربتوفان، ومثلهما الاحماض الحاوية على الكبريت مثل الثريونين والفالين، وان ارتفاع محتوى الحبوب من بروتين الزين لا يعني مطلقاً انه ذات نوعية عالية. لذا توجهت البحوث والدراسات الى اتجاهين متعاكسين:-

- الأول : يعمل على رفع مستوى اللايسين والتربتوفان أي خفض محتوى بروتين الزين.
- الثاني: يعمل على رفع مستوى الزين مما يؤثر على انخفاض محتوى بروتين الحبوب من بعض الاحماض الامينية الاساسية.

وعليه اهتمت بحوث مركز (CIMMYT) في المكسيك بتحسين الصفات التغذوية في حبوب الذرة الصفراء على أساس رفع محتواها من البروتين غير الزين، في الوقت الذي قامت احدى الشركات الامريكية بتركيز جهودها في تطوير صناعة بروتين الزين والسعي لتشجيع البحوث التي تهتم بإنتاج سلالات واصناف عالية المحتوى من بروتين الزين.

تجدر الإشارة الى تجزئة بروتين الذرة الصفراء تختلف كثيراً عن بروتينات الاندوسيرم، حيث ان اغلب بروتين الجنين يذوب في المحاصيل الملحية وقليل منه يذوب في الكحول. ولا يراد هنا التطرق الى أنواع البروتينات المختلفة التي يمكن فصلها من البروتين الكلي للحبوب، ولكن ما يهمنا هو ان هناك بروتينات متنوعة، وان الذرة الصفراء تحتوي على كميات صغيرة منها مثبطة لفعل انزيم التربسين ومنشطة لعامل Hageman (انزيم تحليل البروتين) كما ان تسلسل الاحماض الامينية لا يشابه أي من مثبطات التربسين النباتية الأخرى. لوحظ ان وجود هذا البروتين في حبوب الطفرة Opaque2 يكون عالياً أي اكبر مما هو

agri-palm.com

عليه في حبوب الذرة الاعتيادية وان وجوده في الذرة عالية البروتين لم يتأثر عكسياً بالقيمة الغذائية الموجودة في بروتيناتها. ان البحوث والدراسات العالمية مستمرة لأجل فصل ومعرفة وتوصيف كل بروتين على حدا او كل مجموعة من البروتينات والانزيمات والبروتينات التركيبية وبروتينات الاغشية وغيرها لأجل تعميق الاستفادة منها في الصناعات الغذائية والدوائية وغيرها. اما بروتينات الجنين فإنها ذات قيمة غذائية عالية مقارنةً ببروتينات الاندوسيرم بسبب الموازنة الأفضل بين الاحماض الامينية الاساسية (الجدول 2). اما الاجسام البروتينية فأن لها جوانب مهمة في بروتين الزين، بل انها تزداد خلال عملية تطور الحبة، حيث تختلف حبوبها في مختلف مواقع الاندوسيرم. ان اكبر مشكلة تواجه مربي الذرة الصفراء هي ما يستطيع مختصي التغذية من نجاحات تتعلق بتحليل بروتين الذرة وبالأسلوب المقنع الذي يشجع على استنباط وتربية سلالات نقية او هجن او صفات جديدة من الذرة الصفراء، يمكن تأثرها بصفات زراعية وانتاجية ترتبط بمثل هذه الصفات النوعية، أي ان اكثر الحاجة هي الى استنباط وسائل وطرائق جديدة للغربلة السريعة للموارد الوراثية المتوفرة التي تخدم الهدف المنشود. على العموم ، فقد افرزت الدراسات التي مثل هذا النوع بان هناك نوع من الارتباط بين بعض هذه الصفات حيث:-

1. يزداد محتوى اللايسين على أساس الوزن الجاف بزيادة محتوى الحبوب من النيتروجين.
2. يزداد بروتين الزاين كنسبة مئوية من الوزن الجاف بزيادة محتوى البروتين الكلي.
3. ينخفض محتوى اللايسين كنسبة مئوية من البروتين الكلي بزيادة بروتين الزاين.
4. ان طفرات $O_2$ والطفرات الأخرى عالية اللايسين في الذرة الصفراء يمكن تمثيلها على انها منخفضة تمثيل بروتين الزاين ويمكن التعبير عن محتوى اللايسين خلال ملاحظة تناسب البروتينات الأخرى من غير الزاين مع بروتينات الزاين.
5. يخلو بروتين الزاين ايضاً من حامض التربتوفان، مما يؤشر إمكانية اعتمادها مؤشرا في برامج التربية التي تهتم بزيادة بروتين الزاين.

أوضحت تجارب المقارنة التي قامت بها مجموعة بوردو بولاية انديانا الامريكية بين ذرة $O_2$ والذرة الاعتيادية مستويين مختلفين من النيتروجين اذ ان ازدياد وزن المادة الجافة للعرانيص المأخوذة من الذرة عالية البروتين $O_2$ كان اقل مما هو عليه في الذرة الاعتيادية عندما أعطيت كمية قليلة من السماد النيتروجيني. كما انها لم تزداد بالحجم كما هو في الذرة الاعتيادية عند اعطاؤها كمية كافية من السماد النيتروجيني، وبلغت كمية الزيادة بالبروتين الكلي في الاندوسيرم 55% -41% في الذرة الاعتيادية والذرة عالية البروتين، وعلى التوالي بوفره إضافة النيتروجين وفي نفس الوقت ازداد بروتين الزاين في الذرة الاعتيادية كنسبة مئوية للبروتين الكلي بينما بقى على حاله في الذرة عالية البروتين.

agri-palm.com

agri-palm.com

**الجدول (1) مناطق زراعة الذرة الصفراء ومعدلات المساحة المزروعة وحاصل الحبوب والإنتاج الكل خلال العقد الأخير من القرن العشرين**

| المنطقـــــة | المساحة (مليون هكتار) | حاصل الحبوب (كغم/ هكتار) | الإنتاج الكلي (مليون طن) |
|---|---|---|---|
| أمريكا اللاتينية | 26.6 | 2.1 | 67 |
| المكسيك وامريكا الوسطى والكاريبي | 9.2 | 1.9 | 18 |
| كولومبيا والاكوادور وبيرو وبوليفيا | 2.3 | 1.6 | 4 |
| الجزء الجنوبي من أمريكا الجنوبية (الارجنتين والبرازيل وشيلي والبارغواي والاورغواي) | 15.1 | 2.3 | 35 |
| افريقيا | 20.7 | 1.4 | 29 |
| شرق وجنوب افريقيا | 12.9 | 1.4 | 18 |
| غرب ووسط افريقيا | 6.5 | 1.2 | 6 |
| شمال افريقيا | 1.3 | 4.3 | 5 |
| اسيا | 39.7 | 3.2 | 133 |
| غرب اسيا | 1.0 | 3.2 | 3 |
| جنوب اسيا | 7.8 | 1.5 | 12 |
| جنوب شرق اسيا | 8.8 | 1.9 | 16 |
| شرق اسيا | 22.1 | 4.6 | 102 |
| أوروبا | 13.7 | 4.6 | 62 |
| أوروبا الغربية | 3.9 | 7.2 | 28 |
| أوروبا الشرقية | 9.8 | 3.5 | 34 |
| أمريكا وكندا | 29.0 | 7.5 | 217 |
| الاتحاد السوفياتي (السابق) | 2.9 | 3.1 | 9 |
| كل البلدان النامية | 82.6 | 2.4 | 299 |
| كل البلدان الصناعية | 46.2 | 6.2 | 263 |
| العالم | 129.8 | 3.8 | 500 |

## الذرة عالية البروتين

افرزت الجهود العلمية المستمرة لاستغلال التغايرات الوراثية الواسعة في محصول الذرة الصفراء عن استنباط سلالات واصناف وهجن متفرقة في حاصلها من الحبوب ومقاومة لبعض الامراض وذات محتوى عالي من البروتين. وفي الحقيقة نالت الذرة عالية البروتين حقها من اهتمام العلماء والباحثين في الكثير من البلدان،

agri-palm.com

وخصوصاً تلك التي تستهلك حبوب هذا المحصول كغذاء رئيسي للإنسان الى جانب استخدامه علفاً لحيوانات المزرعة والدواجن، كما في البلدان الفقيرة في الغالب، حتى أصبحت مطلباً اساسياً كمصدر من مصادر الطاقة والغذاء لمئات الملايين من البشر.

**الجدول (2)الاحماض الامينية الأساسية في بروتين الذرة الصفراء مقارنة بمتطلبات التغذية للأنسان بحسب ما أوردتها منظمة الغذاء والزراعة الدولي ومنظمة الصحة العالمية**

| الحامض الاميني | بحسب ما أوردته من متطلبات WHO/FAO البروتين | الاندوسيوم الخالي من الزين (بروتينات غذائية مختزلة) | الزاين A+B | طن من الاجنة |
|---|---|---|---|---|
| اللايسين | 4.3 | 4.6 | 0.1 | 4.6 |
| الثريونين | 3.9 | 4.9 | 3.0 | 4.4 |
| الفالين | 4.2 | 7.1 | 3.6 | 6.6 |
| السيستين + المثيونين | 3.0 | 4.5 | 1.9 | 3.2 |
| الايزوليوسين | 3.5 | 4.0 | 3.8 | 3.2 |
| الليوسين | 6.2 | 9.0 | 18.7 | 7.7 |
| فينيل النين+ تايروسين | 4.0 | 6.2 | 8.7 | 5.6 |
| تربتوفان | 0.5 | 0.6 | 0.0 | 1.0 |
| المجموع | 29.6 | 41.0 | 39.8 | 36.3 |

اما محتوى هذه الأصناف والهجن من البروتين فهو ضعف او اكثر من محتواها في أصناف الذرة الأخرى، وخصوصاً الاحماض الامينية الأساسية الممثلة لكل من اللايسين والتربتوفان. ان استخدامها في تغذية الأطفال بسد حاجة 95% من البروتين الكلي الذي يحتاجه الطفل عندما يتغذى على 175 غم من حبوب الذرة عالية البروتين. اثبتت التجارب بان وزن الأطفال ومثلها بعض حيوانات المزرعة قد تضاعف مرتين عندما تمت التغذية بالذرة عالية البروتين بالمقارنة مع الأطفال وغيرهم الذين تغذوا على الذرة الاعتيادية. وهذا يؤشر أهمية زراعة وإنتاج الذرة عالية البروتين وخصوصاً لدى البلدان والمزارعين الصغار الذين يعانون من مشاكل التغذية وكبر حجم الفجوة الغذائية كما في افريقيا وبعض بلدان أمريكا اللاتينية.

بدأ العمل في هذا النوع من البحث والتطوير في أوائل السبعينات بهدف التغلب على الصفات غير المرغوبة (انخفاض حاصل النبات وبعض المواصفات النوعية والحساسية لتعفن العرنوص) باستخدام جين الذرة Opague

agri-palm.com

2 بعد اكتشافه من قبل العلماء الامريكان في الستينات. وفي أوائل التسعينات استطاع مربي الذرة الصفراء في المركز العالمي لتحسين الذرة والقمح ان يطوروا اصنافهم التجريبية ويحسنوا المقاومة للأمراض وبعض الصفات الأخرى.

وعليه، أوضحت التجارب المنفذة في 32 موقع عالمي (بلدان مختلفة) تفوق هجن الذرة عالية البروتين بمقدار 15% على المستوى التجاري، فوصلت إنتاجية الدونم الواحد الى 4 طن في المكسيك، وبذلك تفوقت بمقدار 0.5 طن على افضل الهجن المنافسة في تجارب المقارنة، مما شجع الحكومة المكسيكية على تبني انتاج البذور بهدف توزيعها على المزارعين ، بينما كانت الإنتاجية بحدود 3.5 طن/ دونم في البيرو.

**الذرة عالية البروتين في العراق**

تكللت جهود الباحثين في منظمة الطاقة الذرية (سابقاً) بإدخال طقمين من التجارب الخاصة بهجن الذرة عالية البروتين من المركز العالمي لتحسين الذرة والقمح في المكسيك في الموسم الخريفي لعام 2000. أوضحت نتائج التقييم تفوق بعض الهجن المدخلة على مثيلاتها المعتمدة في القطر والاصناف التركيبة الأخرى، وتم البدء ببرنامج تربية لاستنباط السلالات النقية عالية البروتين من خلال التلقيح الذاتي للنباتات المنتخبة في جيلها الثاني، غير ان ظروف الحرب واعمال العنف والسرقة والنهب من الجهلاء قد أدت الى فقدان التراكيب الوراثية المحفوظة لمجمل برنامج التربية لمحاصيل الذرة الصفراء والسورجم وحنطة الخبز والمعكرونة وزهرة الشمس ... الخ. تم البدء من جديد في عام 2005 لاستحصال اطقم البذور والهجن المختلفة من مراكز عالمية مختلفة للبدء بالبرنامج. ان الهدف من البرنامج هو استنباط تراكيب وراثية وسلالات نقية من أصول وراثية مختلفة تفيد في التهجين مع بعضها او مع المستنبطة محلياً من أصول وراثية أخرى لتحقيق قوة هجين عالية واستنباط الهجن المتفوقة والملائمة للزراعة العراقية من جهة وتحسين القيمة التغذوية للذرة الصفراء سواء للأستهلاك البشري او لأعلاف الحيوانات المختلفة ومنها الدواجن.

**الانتخاب بمساعدة الجينات المعلمة Marker Assisted Selection in developing QPM genotypes**

من المعروف ان توارث بروتين الذرة في التراكيب الوراثية والاصناف التقليدية يعاني من نقص حامضين اميبين أساسيين هما اللايسين والتربتوفان. اما الذرة عالية البروتين، فأن تراكيبها الوراثية المختلفة، سواء كانت اصنافاً او هجن تحتوي على جين Opague 2، وسويداء (اندوسيرم) محورة بحيث تعطي القوام الصلب للحبة، الذرة عالية البروتين تحتوي على ضعف كمية الحامضين الامينيين المشار اليهما في أعلاه بالمقارنة مع مثيلاتها في بروتين الأصناف التقليدية، وبينما يكون أليل Opague 2 المرغوب متنجياً في طبيعة توارثه، فان التحويرات

agri-palm.com

التي تطرأ على السويداء تسبب القوام الصلب له (بدلاً من القوام الطري او اللين الذي يفترض حدوثه بغياب حصول هذا التحوير)، مما يؤشر وجود تأثير وراثي محكوم بعدة جينات (وربما يعود ذلك الى حالة التلازم الوراثي).

وعليه يمكن تحديد ثلاثة معوقات او محددات رئيسة تزيد من تعقيد تطوير السلالات المتفرقة وهي:

1. يتطلب بعد كل جيل من أجيال التضريب الرجعي اجراء التلقيح الذاتي لتشخيص وجود جين Opague 2 المتنحي، وبالتالي فأن الحاجة الى ستة أجيال من التضريب الرجعي للوصول الى الصفات المرغوبة التي يمثلها الاب التكراري الذي يعوزه وجود جين Opague 2 بنسبة اكبر من 96%.
2. الى جانب ضرورة الحفاظ على حالة تماثل جين Opague 2، فأنه يتطلب انتخاب عدة اشكال من السويداء المحورة التي تلازمت مع تطورات وانتقال الجين.
3. ضرورة اجراء الاختبارات الكيموحياتية لضمان توارث وزيادة محتوى اللايسين والثربتوفان في الموارد الوراثية التي تم انتخابها في كل جيل من أجيال التربية، بحيث يكون تأثيرها معنوياً من حيث الجهد المبذول والمدة التي يستغرقها البرنامج وبالتالي كافة المصادر الأخرى المتاحة ، وخصوصاً تلك المتعلقة بالتكلفة.

على الرغم من ان برامج وأساليب التربية التقليدية قد حققت نجاحاً مرضياً في تحويل السلالات النقية المستخدمة تجارياً في انتاج بذور الهجن الى سلالات نقية تجاربه ذات محتوى عالي من البروتين، الا ان الوقت المصروف والجهد المبذول لذلك كان كبيراً. وقد استطاع العلماء وبنجاح في تطوير توليفات عديدة تستند على الجينات المعلمة وفق أسلوب Simple Sequence Repeat SSR لأليل Opague 2 والانتخاب المظهري لصلابة الحبة (من خلال تجميع او تراكم تحويرات السويداء) لتحويل السلالات النقية التقليدية الى سلالات نقية عالية البروتين. اما الجينات المعلمة الثلاثة المستخدمة وفق SSR هي umc1066 , Phio 57 Phi 112، والتي أفادت في انتخاب النباتات الفردية الحاملة لجين Opague 2 في أجيال التضريب الرجعي المنتخبة، وبالتالي دون اجراء التلقيح الذاتي لتشخيصها، وبذا تم اختزال الوقت اللازم لبرنامج التربية الى النصف. وفضلاً عن ذلك فقد ساعدت الجينات المعلمة في الوصول الى مستوى صفات الأب التكراري (توارث الجينات المرغوبة) في ثلاثة أجيال بدلاً من 6 بالإضافة الى إمكانية تجاوز الأخطاء المحتملة وازالتها من البرنامج.

agri-palm.com