УДК 633.15; 575.858

В. С. Щербак, канд. биол. наук,
г. Краснодар, Россия,
Э. Б. Хатефов, д-р биол. наук,
г. Санкт-Петербург, Россия

МАИСОВЫЕ, ИХ ФИЛОГЕНЕТИЧЕСКИЕ СВЯЗИ И РОЛЬ В СЕЛЕКЦИИ КУКУРУЗЫ (обзор)

Кукуруза – основная зернофуражная культура в мире. Согласно данным отчета Международного Совета по зерну (IGC), мировое производство кукурузы в 2016-17 году оценено в 1,017 млрд тонн. Несмотря на рост производства кукурузы в мире, уже к концу XX века наблюдается значительное сужение генетического разнообразия этой культуры вследствие перехода от популяционного метода селекции к гибридной. В результате такого резкого сокращения генетического полиморфизма наблюдается возрастание генетической уязвимости вида, представленного в современном производстве ограниченным набором линий и гибридов.

Исторически сложилось так, что подавляющее большинство линий первого цикла селекции было заложено фактически на трех-пяти сортах кукурузного пояса США, что не может вызывать обеспокоенности о возможной генетической эрозии культуры кукурузы. Аналогичная ситуация сложилась и в Европе, поскольку до XVIII века из Америки завозились в основном случайные формы тропического происхождения, которые не были приспособлены к холодному европейскому климату. Позже они были заменены на более раннеспелые формы кукурузы типа Maiz de Ocho, которые в комбинации с зубовидной кукурузой из кукурузного пояса достигли промышленного значения в Северной Европе. Здесь, как и в США, прослеживается сужение полиморфизма вида фактически к 2-3 расам, что продолжает усугубляться постоянной интродукцией новых линий и гибридов из США [60].

Селекционерами проведены работы по сбору, описанию, размножению и длительному сохранению в живом виде в банках зародышевой плазмы большого числа образцов кукурузы стран Латинской Америки. К сожалению, всего лишь 3-8% этого разнообразия, по мнению специалистов [7], затронуто современным селекционным процессом. Перспективно использование методов отдаленной и близкородственной гибридизации, позволяющей выходить за рамки вида, наравне с использованием потенциала внутривидовой изменчивости кукурузы. Наиболее близкими родичами кукурузы в систематическом отношении являются Tripsacum и Euchlaena. Различные подвиды Euchlaena (теосинте), имеющие такое же базовое число хромосом, как и кукуруза, легко скрещиваются с ней, давая фертильное потомство. Теосинте может быть источником улучшения кукурузы по количеству початков на растении, содержанию белка в зерне, засухоустойчивости и другим признакам. Род Tripsacum, содержащий более десятка видов, обладает широким генетическим разнообразием. Достаточно отметить, что различные виды трипсакум распространены от Канады на севере до юга Бразилии, другие виды распространены в пустынных и полупустынных районах Северо-Запада Мексики и Юга США, устойчивы к большинству болезней, поражающих кукурузу.

Начиная с конца 80-х годов прошлого века энтузиазм исследователей и селекционеров в России и странах СНГ по созданию исходного материала кукурузы с вовлечением диких родичей кукурузы резко сократился, и публикаций по этой тематике не прослеживается. Причины такого нежелания работы с экзотическими родичами кукурузы заключаются в сложности проведения скрещиваний в условиях длинного дня РФ, стран СНГ и длительности процесса селекции исходного материала с примитивной структурой початка (колоса) диких родичей кукурузы. В обзоре дано описание филогенетических связей кукурузы и ее диких родичей, способных свободно скрещиваться с кукурузой. Описаны основные представители рода Tripsacum и Euchlaena, гипотезы их происхождения, а также возможные пути для вовлечения в селекционный процесс по улучшению кукурузы.

Ключевые слова: *кукуруза, теосинте, трипсакум, филогения, диплоид, тетраплоид, гибридизация, селекция.*

MAIS, THEIR PHYLOGENETIC CONNECTIONS AND THE SIGNIFICANCE FOR THE SELECTION OF CORN (overview)

Corn is the main grain-bearing crop in the world. According to the report of the International Council for Grain (IGC), world production of maize in 2016-17 year estimated at 1.017 billion tons. Despite the

increase in maize production in the world, by the end of the 20th century there has been a significant reduction in the genetic diversity of maize due to the transition from a population selection method to a hybrid one. As a result of such a sharp reduction in genetic polymorphism, an increase in the genetic vulnerability of the species represented in modern production by a limited set of lines and hybrids is observed.

Historically, the overwhelming majority of the lines of the first breeding cycle were laid down in fact on three to five varieties of the US Corn Belt, which cannot raise concern about the possible genetic erosion of corn crops. A similar situation has developed in Europe since up to the 18th century, from America, mostly random forms of tropical origin were imported, which were not adapted to the cold European climate. Later they were replaced by earlier-ripe maize-type Maiz de Ocho, which in combination with corn-dentate maize reached industrial significance in Northern Europe. Here, as in the USA, there is a narrowing of the polymorphism of the species in fact to 2-3 races, which continues to be aggravated by the constant introduction of new lines and hybrids from the USA [60].

Breeders carried out the collection, description, reproduction and long-term preservation of a large number of samples of maize from Latin American countries alive in germplasm banks. Unfortunately, only 3-8% of this diversity, according to experts [7], is affected by the modern selection process. It is promising to use methods of distant and closely related hybridization that allows going beyond the species, along with using the potential of intraspecific variability of maize. The closest relatives of corn in a systematic respect are Tripsacum and Euchlaena. Various subspecies of Euchlaena (teosinte), having the same base number of chromosomes as corn, cross easily with it, giving fertile offspring. Teosinte can be a source of improved maize by the number of ears per plant, protein content in the grain, drought resistance and other characteristics. The genus Tripsacum, which contains more than a dozen species, has a wide genetic variety. Suffice it to say that various species of Tripsacum are distributed from Canada in the north to the south of Brazil, other species are distributed in the desert and semi-desert areas of the Northwest of Mexico and the South of the USA, are resistant to most diseases affecting maize. Since the late 80s of the last century, the enthusiasm of researchers and breeders in Russia and the CIS countries to create a source of maize with the involvement of wild relatives of corn has declined sharply and publications on this subject have not been traced. The reasons for this reluctance to work with exotic maize relatives are the difficulty of crossbreeding in a long day of the Russian Federation and the CIS countries and the duration of the selection process for the source material with a primitive cob (ear) structure of wild relatives of maize. The review describes the phylogenetic relationships of maize and its wild relatives that are able to cross freely with maize. The main representatives of the genus Tripsacum and Euchlaena and the hypotheses of their origin are described, as well as possible ways to involve them in the breeding process for improving maize.

Key words: *corn, Teosinte, Tripsacum, Euchlaena, phylogeny, diploid, tetraploid, hybridization, selection.*

Кукуруза (*Zea mays* L.) принадлежит к трибе маисовых (*Maydeae*) или (*Tripsaceae*) семейства злаковых (*Poaceae* Barnch). К этой трибе относятся восемь родов, пять из них: *Coix, Sclerachne, Polytoca, Chinonachne, Trilobachne* – восточного происхождения, произрастают в Индии, Бирме, Ост-Индии и Австралии и относительно маловажны. Наиболее известным родом этой группы является *Coix* или бусенник, семена которого используются для приготовления муки и в качестве украшений. К американским же представителям относятся *Zea*, имеющий наиболее экономическое значение, *Tripsacum*, иногда используемый как кормовое растение, и *Euchlaena* (Теосинте), наиболее близкий сородич кукурузы [22].

Филогенетические связи кукурузы с *Euchlaena* (теосинте) были предметом многочисленных исследований последние 100 лет в связи с вопросом ее происхождения. Большинство участников конференции по генетике и селекции кукурузы, состоявшейся в США в 1977 году, включило *Euchlaena* (теосинте) в род *Zea*, дав ему название *Zea Mexicana* [26]. Ботанические открытия начала 80-х годов, особенно нахождение недостающего связующего звена между диплоидным однолетним и тетраплоидным многолетним теосинте, растения, имеющего диплоидный набор хромосом (2n = 20) и многолетний тип развития – *Zea diploperennis* Iltis, Doebly, Guz, позволили детализировать таксономию рода *Zea* [45]. Он подразделяется на две секции: первая – *Luxuriantos* – включает виды *Zea Luxuriens, Zea perennis,* и *Zea diploperennis;* вторая – *Zea* – включает один вид, разделенный на подвиды: *Zea mays* ssp. *mays*, *Zea mays* ssp. *mexicana*, *Zea mays* ssp.

parviglumis и var. *huehuetenongensis*.

Необходимо отметить, что у родственной трибы *Andropogoneae* такие американские представители, как *Manisuris cylindrical* Michx. более близки роду *Tripsacum*, чем представители маисовых из Юго-Восточной Азии [40]. Различные формы теосинте и 13 видов рода *Tripsacum* обладают генетическим разнообразием. Достаточно отметить, что эти два рода почти не имеют общих болезней [51], поэтому улучшение кукурузы за счет искусственной интрогрессии генов ее сородичей фактически неограниченно, хотя и довольно сложно [51].

В основу решения вопроса об установлении центров происхождения культурных растений Н. И. Вавилов положил наличие максимального морфологического разнообразия культуры и близость возможных родственных видов. Эти два основных положения получили дополнительное подтверждение на основе тщательного анализа ряда других материалов – археологических, истории земледелия, лингвистических (Вавилов, 1960 г.). Хотя публикации Н. И. Вавилова о новосветских культурах сравнительно ограничены, для культуры кукурузы, картофеля и хлопчатника они основаны на результатах изучения большого фактического материала [2, 3].

Ознакомившись с разнообразием материала на месте в 1930 г. и 1932-1933 гг. и с результатами изучения Н. Н. Кулешовым образцов, доставленных С. М. Букасовым и С. В. Юзепчуком, Н. И. Вавилов пришел к заключению, что центром разнообразия и происхождения кукурузы является Мексика, и именно в ней имеется ее ближайший сородич теосинте в большом изобилии [3].

К началу 40-х годов определилось несколько гипотез происхождения кукурузы:

а) от пленчатой формы кукурузы, иногда обнаруживаемой в различных частях Латинской Америки и имеющей хорошо развитые цветочные чешуи, покрывающие все зерно (Mangelsdorf, Reeves, 1939);

б) от ближайшего родственника теосинте, путем отбора возникающих в нем мутаций или путем гибридизации теосинте с неизвестным злаком, ныне вымершим [27];

в) теосинте, кукуруза и трипсакум являются производными одного общего предка (Randolph, 1959);

г) Мангельсдорфом и Ривзом была сформулирована так называемая трехступенчатая гипотеза, которая хотя прямо и не объясняет происхождение кукурузы, но не исключает происхождение ее от теосинте [53].

Перед детальным рассмотрением этих точек зрения необходимо отметить основные черты (признаки) морфологического различия трех американских представителей трибы маисовых: кукурузы, теосинте и трипсакум. По основным количественным признакам, обуславливающим габитус растений, расы кукурузы и расы теосинте, имеют ряды распределения, причем наибольшие величины этих признаков, с точки зрения окультуривания, свойственны кукурузе, но эти признаки в систематическом значении второстепенны [53].

Однолетний теосинте имеет, как и кукуруза, двадцать хромосом, легко скрещивается с последней и дает высокофертильные гибриды; наиболее близкий к кукурузе подвид *Zea mays ssp. parviglumis* [33]. Высокая частота скрещивания с кукурузой объясняется максимальной филогенетической близостью ее к кукурузе, что подтверждено исследованиями [31]. Хромосомы кукурузы, теосинте и трипсакум в пахитене мейоза имеют хорошо видимые интенсивно красящиеся гетерохромативные участки – узелки (кноб). Причем у кукурузы их бывает от 0 до 16, расположенных в двадцати двух разных позициях, в основном, интеркалярно; у теосинте их несколько больше и преобладают терминальные (Longley, 1939). Есть сведения о новом теосинте, сформировавшемся в Испании как сорном растении и легко скрещивающимся с кукурузой. Результаты анализа генома по данным однонуклеотидного полиморфизма (SNP) показали, что испанский теосинте не группируется ни с одним из известных образцов теосинте [63].

Род *Tripsacum* имеет 13 видов (2n = 36 и 2n = 72 хромосом), общий ареал которых простирается от юга США и до Парагвая. Семь из них встречаются на территории Мексики [42]. Все типы трипсакум имеют довольно близкое морфологическое строение, особенно генеративных органов. Семена заключены в плодик, сходного строения с таковым у теосинте. Хромосомы различных видов трипсакум несут различное число узелков [61]. Так, *Tripsacum australe* совсем не имеет их, тогда как *Tripsacum dactyloides* (2n = 36) – до 22-26, причем, в основном терминальных [41].

Центральным вопросом во всех гипотезах происхождения является вопрос о роли и месте теосинте в эволюции кукурузы, а также о возможности происхождения ее из пленчатой туникатной формы.

Гипотеза Мангельсдорфа и Ривза содержала три основных положения: 1) кукуруза сначала развивалась как хлебное растение из пленчатой кукурузы в области Анд северо-запада Южной Америки, откуда человеком была интродуцирована в Центральную Америку; 2) теосинте появился значительно позже в результате естественной гибридизации кукурузы с трипсакум уже в Центральной Америке; 3) новые типы кукурузы произошли от скрещивания старых типов и теосинте; в настоящее время они несут явные плоды интрогрессии зародышевой плазмы теосинте и, следовательно, через него и трипсакум. Эта далеко идущая гипотеза стимулировала на протяжении последующих 30-35 лет исследования в различных областях зна-

ний, связанных с происхождением кукурузы.

Выдающимся событием, предоставившим решающие доказательства о месте происхождения и существования примитивной кукурузы и о путях ее эволюции, было открытие ряда пещер со следами обитания древних людей в различных частях Мексики и южных штатов США. Исследование их было проведено известным археологом Мак Нейшем в 50-60-х годах в содружестве с Мангельсдорфом, Галинатом и др. [52].

По мнению крупного систематика современности Дарлингтона «селекционные и хромосомные доказательства согласованно говорят, что *Zea mays* и *Euchlaena Mexicana* можно описывать как один вид. Лишь благодаря обманчивым преобразованиям кукуруза потеряла своих диких предков» [30]. Каковы же эти отличия и сколь они важны и консервативны, чтобы не могли быть изменены продолжительным селекционным давлением на протяжении нескольких тысяч генераций? Подробный разбор всех этих особенностей дан в нескольких работах Мангельсдорфа и Галината [38, 51]. Согласно работам Мангельсдорфа и других авторов основные отличия теосинте и кукурузы можно объяснить действием 6-8 генов или их блоков. Это: 1. одинарные женские колоски теосинте – *pd* и парные кукурузы *Pd*; 2. двухрядная филотаксия – *tr* у теосинте и многорядная *Tr* у кукурузы; 3. бесчерешковые женские колоски у теосинте, черешковые – у кукурузы; 4. так называемый, комплекс четвертой хромосомы, обусловливающий строение и формирование плодовой коробочки теосинте.

Почти все эти признаки обнаружены при инбридинге или имелись у отдельных рас кукурузы [62, 39]. В. Галинат указывает [38], что изучение гибридов кукурузы с трипсакум и беккроссов на кукурузу позволило получить ряд кукурузоподобных растений, имеющих 1, 2 добавочных хромосомы от трипсакум. В них отдельные компоненты комплекса четвертой хромосомы оказались локализированными в различных хромосомах трипсакум и не встречаются в комплексе, как это имеет место у теосинте. Кроме того, плодовая коробочка теосинте является более плотной и более специализированной, она имеет поры для прорастания первичного корешка и колеоптиля, и, таким образом, в эволюционном отношении она наиболее совершена, чем плодовая коробочка трипсакум. Тезис Мангельсдорфа о том, что мутации от рециссива к доминанте очень редки и в отношении парности пестичных колосков маловероятны, может быть объяснен относительно доминирования.

Кроме того, примитивные початки дикой кукурузы из Техуакана интерпретируются как ранние фазы преобразования теосинте в кукурузу [25].

Резюмируя все вышесказанное, Галинат постулирует возможность происхождения кукурузы от теосинте путем отбора мутаций, влияющих на структуру початка, и полезность возникшей структуры в условиях одомашнивания (удлинение оберток початка, неломкий стержень и голое обрушиваемое руками зерно) [38], подтверждая тем самым ранее предлагаемую гипотезу о происхождении кукурузы из теосинте [34]. Естественно, что древнему земледельцу в условиях перекрестного опыления был более доступен отбор и сохранение доминантных изменений, чем рецессивных. Таким образом, два параллельно идущих процесса: с одной стороны – отбор человеком полезных ему форм (мутаций) из примитивного теосинте, а с другой – естественный отбор на тип плодовой коробочки, максимально приспособленной к саморассеиванию и сохранению вида в природе, действуя как дизруптивный отбор, в течение около 10000 генераций расчленили первоначальный вид на современную культурную кукурузу и теосинте. Это точка зрения на современном этапе знаний нам представляется наиболее обоснованной [9]. Анализ наследования морфологических признаков, которые отличают кукурузу и теосинте, указывает на то, что они находятся под контролем множества генов и наследуются полимерно [31].

Совместное произрастание этих видов и их легкая скрещиваемость, естественно, приводила к постоянному обмену генетическим материалом, то есть к интрогрессии отдельных признаков теосинте в кукурузу или простое сохранение их в эволюционном развитии кукурузы. Отмечено, что из 25 рас кукурузы, описанных для Мексики, 7 имеют следы такой интрогрессии [66].

Гибридизацию кукурузы с теосинте проводили многие исследователи, первоначально преследуя цели определения гомологии хромосом и наследования отдельных признаков. Используя беккроссные скрещивания гибридов кукурузы с теосинте, П. Мангельсдорф [50] получил ряд изогенных форм, несущих отдельные сегменты теосинте, и показал, что различные формы теосинте несут идентичные. Им также показано, что у этих беккроссных популяций наблюдается аномально высокий процент спонтанных мутаций, которые не отличаются от таковых, установленных у кукурузы (Mangelsdorf, 1974). Наиболее простым объяснением он считает неравный кроссинговер между хромосомами и теосинте, вызванного их неполной гомологией. Неравнозначные хромосомы так малы, что не могут быть замечены цитологически, а проявляются как вредные менделевские рецессивы.

В ряде комбинаций при скрещивании кукурузы с теосинте была обнаружена частичная мужская стерильность [47], подробное изучение которой позволило заключить наличие реципрокной транслокации или инверсии у некоторых форм теосинте. Эмерсон и Бидл [34] показали, что генетическое расщепление по 28 генам, расположенным в 8 из 10 хромосом, было у гибридов вполне сравни-

мым с таковым у чистой кукурузы, за исключением области *C-wx* в 9 хромосоме у теосинте *Florida* и *Durango*, что было обусловлено наличием инверсии. Цитоплазма теосинте значительно отличается от цитоплазмы кукурузы. Так, эффекты генов кукурузы в цитоплазме теосинте отличаются от таковых в собственной цитоплазме [54].

Генетическое изучение кукурузно-теосинтовых гибридов показало, что хромосомы этих двух видов структурно и генетически очень сходны. Гены, которые отличают теосинте от кукурузы, не являются распределенными по 10 хромосомам, а локализованы в небольшом числе сегментов хромосом. Многие признаки, которыми отличаются эти виды, не контролируются простым менделевским типом наследования [67]. Результаты исследований гибридов теосинте и кукурузы обнаружили доказательство интрогрессии в обоих направлениях потока генов, преимущественно в сторону от теосинте к кукурузе [44]. Исследования ДНК початка возрастом 5310 лет показали, что кукуруза была генетически близка к современной кукурузе, чем к теосинте [56].

Постепенно, по мере накопления генетических данных, гибридизация кукурузы с теосинте и трипсакум стала приобретать утилитарное, селекционное значение [8, 10, 29, 36, 43]. Разработаны методы визуализация отдельных хромосом с помощью флуоресцентного микроскопа [55]. Было показано, что отдельные сегменты хромосом могут вносить существенный вклад в гетерозис по урожаю зерна кукурузы [51]. Разные расы теосинте могут быть использованы в селекции на многопочатковость, устойчивость к биотическим и абиотическим факторам окружающей среды [10, 11, 12, 14, 18, 20], увеличение урожая вегетативной массы [4], на повышенное содержание белка и масла в зерне [24, 32, 59] и устойчивости к жаре и засухе [15, 16, 17, 18, 20, 21]. Открытие нового вида теосинте – *Zea diploperennis* Iltis, Doebly, Guz и вовлечение его в гибридизацию с кукурузой – расширяет возможности селекционера по передаче кукурузе засухоустойчивости латентного типа и устойчивости к некоторым заболеваниям, обусловленным вирусной инфекцией [23], и кукурузному мотыльку [12, 14, 19]. Таким образом, гибридизация кукурузы с теосинте является большим резервом расширения генетического полиморфизма исходного селекционного материала кукурузы [46, 65, 68]. Опыт работы с экзотической плазмой в скрещиваниях с кукурузой показывает, что 7-8 циклов отбора достаточно для достижения желаемого результата [28]. При этом следует учитывать, что преимущественную способность к скрещиванию с кукурузой имеет теосинте, у которого в спектрах зеина отсутствует маркерный компонент 57 [5, 6]. Вовлечение в селекционный процесс диких родичей кукурузы имеет большие возможности для расширения ее генетического полиморфизма, несмотря на свою специфичность в скрещиваниях с кукурузой.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Вавилов, Н. И. Великие земледельческие культуры доколумбовой Америки и их взаимоотношения / Н. И. Вавилов // Избр. труды. – М., 1960. – Т. II.
2. Вавилов, Н. И. Мексика и Центральная Америка как основной центр происхождения культурных растений Нового Света / Н. И. Вавилов // Избр. труды. – М., 1960. – Т. II.
3. Вавилов, Н. И. Проблемы селекции, происхождения и географии культурных растений / Н. И Вавилов // Избр. труды. – М., 1960. – Т. II.
4. Каравайнов, Г. П. Получение тетраплоидов у гибридов кукурузы (Zea mays) с теосинте (Euchlaena mexicana) и их неполных беккроссов / Г. П. Каравайнов // Изв. АН МССР. Сер.биол. и хим.наук. – 1969. – №3. – С. 3-8.
5. Сидорова, В. В. Белковые маркеры в анализе генетического разнообразия, селекции и семенном контроле кукурузы / В. В. Сидорова, А. В. Конарев, Ю. А. Керв, Г. В. Матвеева // Аграрная Россия. – 2015. – № 12. – С. 2-10.
6. Сидорова, В. В. Изучение дикорастущего сородича кукурузы Теосинте и его естественного гибрида с кукурузой по спектрам зеина / В. В. Сидорова, Г. В. Матвеева, А. В. Конарев // Аграрная Россия. – 2010. – № 2. – С. 1-5.
7. Спрэг, Э. У. Получение новых источников генетической изменчивости для Европы / Э. У. Спрэг // Материалы 9 заседания селекции кукурузы и сорго БУКАРПИИ, 9-13 авг. 1977 г. – Краснодар, 1979. – Ч. 1. – С. 99-114.
8. Тараканова, Т. К. Отдаленные скрещивания как источник увеличения селекционного разнообразия зерновых / Т. К. Тараканова, В. А. Соколов, Э. А. Абдырахманова, С. А. Блэки // Вестник ВОГиС. – 2008. –Том 12. – № 4. – С. 672-679.
9. Хаджинов, М. И. Современное состояние учения о происхождении и эволюции кукурузы / М. И. Хаджинов, В. С. Щербак // С.-х. биология. – 1981. – Т. 16. – № 4. – С. 430-440.
10. Хатефов, Э. Б. Инновационные методы в селекции кукурузы [Текст] / Э. Б. Хатефов; Российская акад. с.-х. наук, Гос. науч. учреждение «Кабардино-Балкарский научно-исследовательский ин-т сельского хоз-ва». – Нальчик: Изд-во М. и В. Котляровых: ООО «Полиграфсервис и Т», 2011. – 291 с.
11. Хатефов, Э. Б. Исследования тетраплоидной кукурузы для ее селекционного улучшения / Э. Б. Хатефов. – Нальчик: ЧП «Полиграфия». – 2009. – С. 110.

12. Хатефов, Э. Б. Перспективы использования генетической плазмы теосинте Чалко в селекции кукурузы на устойчивость к *Ostrinia nubilalus Hbn-botus (Pyralis)* / Э. Б. Хатефов // Тезисы Материалы Международной НПК «Роль отрасли семеноводства в обеспечении продовольственной безопасности». Таджикистан. 12 сентября 2015 г. – Душанбе, 2015. – С. 51-53.
13. Хатефов, Э. Б. Расширение разнообразия генетической основы кукурузы с использованием метода гаплоиндукции в гетероплоидных скрещиваниях. / Э. Б. Хатефов // Зерновое хозяйство России. – 2011. – № 4 (16). – С. 86-91.
14. Хатефов, Э. Б. Использование теосинте Чалко в селекции на устойчивость к поражению стеблевым мотыльком / Э. Б. Хатефов, В. В. Шорохов. // Земледелие. – 2011. – № 2. – С. 45-46.
15. Хатефов, Э. Б. Селекция генетических источников признака засухоустойчивости для создания новых гибридов тетраплоидной кукурузы / Э. Б. Хатефов, А.М. Кагермазов // Аграрный вестник Урала. – 2011. – № 8 (87). – С. 8-11.
16. Хатефов, Э. Б. Селекция генетических источников признака засухоустойчивости для создания новых гибридов тетраплоидной кукурузы / Э. Б. Хатефов, А. М. Кагермазов, Б. Р. Карданова // В кн. Ameliorarea porumbului si utilizarea androsterilitatii citoplasmatice in producerea de seminte 2011. Pascani, Rep. Moldova|col.- Ch.: «Print-Caro» , SRL. – 2011. – P. 205-209.
17. Хатефов, Э. Б. Расширение генетического полиморфизма исходного материала кукурузы для селекции на засухоустойчивость / Э. Б. Хатефов, А. М. Кагермазов, А. В. Хачидогов, Р. С. Кушхова, А. В. Казмахов // АПК России. – 2016. – № 3. – Т. 23. – С. 669-676.
18. Хатефов, Э. Б. Эффективность интродукции генетического материала теосинте в геном кукурузы при отборе на устойчивость к экстремальным факторам среды / Э. Б. Хатефов, Р. С. Кушхова, А. В. Хачидогов, Н. Чжао, М. Жанг // Актуальные инновационные исследования: наука и практика.– 2012. – № 3. – С. 9.
19. Хатефов, Э. Б. Эффективность селекции кукурузы с опушенным стеблем на устойчивость к стеблевому мотыльку / Э. Б. Хатефов, З. М. Малухов, Р. С. Кушхова, А. Б. Казмахов, А. В. Хачидогов // Технологии и приемы производства экологически безопасной продукции растениеводства: материалы Междунар. науч.-практ. конф., РУП. – Минск: ИВЦ Минфина, 2016. – С. 334-337.
20. Хатефов, Э. Б. Особенности селекции кукурузы в КБНИИСХ в связи с глобальным изменением климата / Э. Б. Хатефов, З. М. Малухов, В. Н. Мадянова, А. М. Кагермазов // Зерновое хозяйство России. – Ростов-на-Дону, 2010. – № 4. – С. 52-56.
21. Хатефов, Э. Б., Матвеева Г. В. Селекция новых гибридов засухоустойчивой тетраплоидной кукурузы / Э. Б. Хатефов, Г. В. Матвеева // Материалы Международной НПК «Роль отрасли семеноводства в обеспечении продовольственной безопасности». Таджикистан, 12 сентября 2015 г. – Душанбе, 2015. – С. 28-31.
22. Югенхеймер, Р. У. Кукуруза; улучшение сортов, производство семян, использование / Р. У. Югенхеймер. – М., «Колос», 1979.
23. Abdoul-Raouf, S. M. Utilization of wild relatives for maize (Zea mays L.) improvement / S. M. Abdoul-Raouf, J. Qiu, J. Mu, & Z. Liu // African Journal of Plant Science, – 2017. – 11(5). – 105-113.
24. Avinash, K. Flint-Garcia. Genetic Analysis of Teosinte Alleles for Kernel Composition Traits in Maize / K. Avinash, D. G. Jason, A.G. Sherry // Genes, Genomes, Genetics. – 2017. – Vol. 7. – P. 1157-1164.
25. Beadle, G. W. The mystery of maize / G.W. Beadle // Field Mus. Nat. Hist. Bull. 43: – 1972. – P. 2-11.
26. Beadle, G. W. Teosinte and the origin of maize. In Maize Breeding and Genetics, ed. DB Walden / G. W. Beadle // NewYork: Wiley. 5. – 1978. – P. 113–28.
27. Beadle, G. W. Teosinte and the origin of maize. J Hered / G. W. Beadle. – 1939; – 30: – P. 245–247.
28. Bernardo, R., Genomewide Selection for Rapid Introgression of Exotic Germplasm in Maize / R. Bernardo // Crop Science. – Vol. 49 No. 2. – P. 419-425 (2009)
29. Blakey, C. A. Tripsacum genetics: from observations along a river to molecular genomics / C. A. Blakey, D. Costich, V. Sokolov, M. N. Islam-Faridi / Maydica. – 2007. – V. 52. – P. 81–99.
30. Darlington, C. D.: Chromosome Botany and the Origins of Cultivated Plants. 2. / C. D Darlington // Aufl. George Allen & Unwin Ltd. – London, 1963. – 231 p.
31. Doebley J. The genetics of maize evolution. Annu Rev Genet. 2004; 38:37-59.
32. Duvick, S. A. Altering the fatty acid composition of corn belt corn through Tripsacum introgression / S. A. Duvick, L. M. Pollak, E.P.J. White // Maydica. – 2006. – V. 51. – No 2. – P. 409–416.
33. Ellstrand, N. C. Spontaneous hybridization between maize and teosinte / N. C. Ellstrand, L. C. Garner, S. Hegde, R. Guadagnuolo, L. Blancas // J. Hered. – 2007. – Mar-Apr; 98(2):183-7.
34. Emerson, R. A. A fertile tetraploid hybrid between E. perennis and Z. mays. / R. A. Emerson and G. P. Beadle // Amer. Nat. – 1930, 64. – P. 190–192 (1932).
35. Emerson, R. A., and G. W. Beadle, 1932 Studies of Euchlaena and its hybrids with Zea. II. Crossing over between the chromosomes of Euchlaena and those of Zea / R. A. Emerson and G. P. Beadle // Z. Abst. Vererb. 62: 305–315.
36. Eubanks, M. W. A genetic bridge to utilize Tripsacum germplasm in Maize improvement / Eubanks / M.W. Maydica, 51 (2006): 315-327.
37. Galinat, W. C. 1971b: The morphological nature of string-cob corn / W.C. Galinat // Maize genetics cooperation newsletter: 45. P. 95-96.
38. Galinat, W. C. The cupule and its role in the origin and evolution of maize / W.C. Galinat // Mass. Agr. Exp. Sta. Bull., 585, 1, 1970.

39. Galinat, W. C. The origin of maize / W.C. Galinat // Ann.Review of Genetics. – 1971. – 5. – P. 447-478.
40. Galinat, W. C. Tripcacum as a possible amphidiploid of wild maize and Manisuris / W. C. Galinat, R.S.K.Chaganti, F. D. Hager // Bot. Mus. Leaflefts. Harvard Univ. Cambr. Mass. – 1964. – V.20. – P. 289-316.
41. Grobman, A. Tripsacum in Peru / A. Grobman // Bot. Mus. Leafl. Harvard Univ. – 1967, 21, 285.
42. Hernandez, X. E. Decripcion de los Tripsacum diploides de Mexico; Tripsacum maizar y Tripsacum zopilotense / X. E. Hernandez, L. F. Randolph // Spp. Nov. Ofic. Estud. Esp. SAG. Fol. Tec. No. 4. – 1950. – P. 1-28.
43. Hufford, M. Teosinte as a model system for population and ecological genomics / M. Hufford, P. Bilinski, T. Pyhäjärvi, J. Ross-Ibarra // Trends in Genetics 12:606-615. – 2012.
44. Hufford, M. B. Correction: The Genomic Signature of Crop-Wild Introgression in Maize / M. B. Hufford, P. Lubinksy, T. Pyhäjärvi, M. T. Devengenzo, N. C. Ellstrand // PLOS Genetics 9(9): 10. 1371. – 2013.
45. Iltis, H. H. Taxonomy of zea (Graminea) / H. H. Iltis, J. F. Doebley // Subspecific geterosis in the zea maize complex and a generic synopsis // Amer. J. Bot. – 1980. – V. 67. – N 6. – P. 994-1004.
46. Karn, A. Genetic Analysis of Teosinte Alleles for Kernel Composition Traits in Maize G3: GENES, GENOMES, GENETICS Early online / A. Karn, J. D.Gillman, S. A. Flint-Garcia. – 2017. – February 10.
47. Lambert, R.J. Backcross response of two mature plant traits for certain corn – teosinte hybrids / R. J. Lambert, E. R. Leng // Crop Sci. – 1965. – V. 5. – P. 239-241.
48. Langham, D. C. The inheritance of intergeneric differences in Zea-Euchlaena Hybrids / D.C. Langham // Genetics. – 1940. – V. 25. – P. 88-108
49. Longley, A.E. Knob positions on corn chromosomes / A. E. Longley // J.Agr. Res. – 1939. – 59. – P. 475-490.
50. Mangelsdorf, P. C. Hybridization in the evolution of maize / P. C. Mangelsdorf // In: Gowen J.W. (ed) Heterosis. State College Press, Ames, IA. –1952. P. 175-198.
51. Mangelsdorf, P.C. Corn: its origin evolution and improvement / P.C. Mangelsdorf // Cambridge, Harv. Univ. Press., 1974.
52. Mangelsdorf, P. C. Prehistoric Wild and Cultivated Maize. In: Byers S. (Ed.) / P. C. Mangelsdorf, R. S. MacNeish, W.C. Gaiinat // The Prehistory of the Tehuacan Valley, Vol.1. Environment and Subsistence. Texas Univ.Press. – 1967. – P. 178-300.
53. Mangelsdorf, P. The origin of Indian corn and its relatives / P. C. Mangelsdorf Reeves R.C. // Bull. Texas agric. Exp. Stn 574. – 1939.
54. Mazoti, L. B. Interacciones nucleocitoplasmaticas / L. B. Mazoti, R.S. Velasquez // Revista Agron. La Plata. – 1962. – V. 28.
55. McCaw, M. Fluorescence In Situ Hybridization to Maize (Zea mays) Chromosomes / M. McCaw, N. Graham, J. Cody, N. Swyers, C. Zhao, J. Birchler // Plant Biology. – 2016.
56. Ramos-Madrigal, J. Genome Sequence of a 5,310-Year-Old Maize Cob Provides Insights into the Early Stages of Maize Domestication / J. Ramos-Madrigal, B. D. Smith, J. V. Moreno-Mayar, Gopalakrishnan Shyam, Ross-57. J. Ibarra, et al. // Current Biology. – 2016.
57. Randolph, L.F. The origin of maize / L. F. Randolph // Indian J. Genet. Plant Breed. 19. – 1959. – P. 1-22.
58. Sherry, A.. Wide variability in kernel composition, seed characteristics, and zein profiles among diverse maize inbreds, landraces, and teosinte. / A. Sherry, Flint-Garcia. L. Anastasia, Bodnar M. Paul Scott // Theoretical and Applied Genetics. October 2009, Volume 119, Issue 6, pp 1129–1142.
59. Șuteu D., Băcilă I., Haș V., Haș I., and Miclăuș M. Romanian Maize (Zea mays) Inbred Lines as a Source of Genetic Diversity in SE Europe, and Their Potential in Future Breeding Efforts. PLoS One. 2013; 8 (12): e85501.
60. Tantravahi, R. V. Cytology and crossability reiationship of Tripsacum / R.V. Tantravahi // Bussey Inst. Harvard. Univ., 123pp. 1968.
61. Tavcar, A. // Jugoslav Acad. Znanosti i Umetnosti Prestampo / A. Tavcar A.N 244. 1954. p. 74-93.
62. Trtikova, M. Teosinte in Europe – Searching for the Origin of a Novel Weed / M. Trtikova, A. Lohn, R. Binimelis, I. Chapela, B. Oehen, N. Zemp, A. Widmer, A. Hilbeck // Scientific reports. 2017. Scientific Reports | 7: 1560 |
63. Warburton, M. L. Genetic Diversity in CIMMYT Nontemperate Maize Germplasm: Landraces, Open Pollinated Varieties, and Inbred Lines / M. L. Warburton, J. C. Reif, M. Frisch, M. Bohn, C. Bedoya, X. C. Xia, et al. // Crop Sci. 48:617–624 (2008).
64. Wellhausen E. Races of Maize in Mexico / E. Wellhausen, J. Robert, X. Hernandez Nat. Acad. Sci. Nat. Res. Council. – 1952. - 423 p.
65. Wilkes, H. G. Teosinte: The Closest Relative of Maize. / H.G. Wilkes // Bussey Institute, Harvard University, Cambridge, MA. – 1967.
66. Yunbi, Xu Advances in Maize Genomics and Their Value for Enhancing Genetic Gains from Breeding / Xu Yunbi, Debra J. Skinner, Huixia Wu, Natalia Palacios-Rojas, Jose Luis Araus, et al. Warburton, and Jonathan H. Crouch // International Journal of Plant Genomics. Volume 2009 (2009), Article ID 957602, 30 p.

Виктор Семенович Щербак
Научн. сотр. отдела кукурузы,
ФГБНУ «Краснодарский научно-исследовательский институт сельского хозяйства им. П.П. Лукьяненко»
Центральная усадьба КНИИСХ, Краснодар, 350012, Россия

Victor S. Scherbak
Researcher of the corn department
Federal Agency of Scientific Organizations «P.P. Lukyanenkos Krasnodar Research Institute of Agriculture»,
Central Manor of KNIISKh, Krasnodar, 350012, Russia

Эдуард Балилович Хатефов
Вед. научн. сотр. отдела генетических ресурсов крупяных культур
E-mail khatefov@vir.nw.ru
ФГБНУ ФИЦ «Всероссийский институт генетических ресурсов растений им. Н.И. Вавилова»,
ул. Большая Морская, 42-44, г. Санкт-Петербург, 190000, Россия

Edvard V. Khatefov
Leading researcher of the department of genetic resources of cereals,
Federal Research Center the N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, Federal Agency of Scientific Organizations,
42-44, ul. Bol'shaya Morskaya, St. Petersburg, 190000 Russia

УДК 635.527: 635.649

С. В. Королева, канд. с.-х. наук,
С. А. Юрченко,
Е. К. Казанцева,
г. Краснодар, Россия

СОРТОИСПЫТАНИЕ ГИБРИДОВ F_1 СЛАДКОГО ПЕРЦА ОТЕЧЕСТВЕННОЙ СЕЛЕКЦИИ В ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЗОНЕ КРАСНОДАРСКОГО КРАЯ

На демонстрационном участке отдела овощеводства были высажены 23 гибрида отечественной селекции, 3 сорта и 2 гибрида иностранной селекции. Проведена оценка гибридов по признакам продуктивности, качеству плодов в биологической и технической спелости, по дружности отдачи раннего урожая плодов с целью определения перспективности использования данных гибридов в товарном овощеводстве в условиях Краснодарского края. С учетом анализа гибридов по комплексу хозяйственно-ценных признаков и их адаптивности к стрессовым условиям Центральной зоны Краснодарского края на капельном орошении был определен статус гибридов по способу их использования. В первую группу вошли гибриды универсального направления: высокоурожайные, с дружной отдачей раннего урожая, с высокой степенью адаптации к местным условиям, с высоким качеством плодов, как в технической, так и биологической спелости, пригодные для выращивания в товарном овощеводстве и в личных подсобных хозяйствах. Это гибриды: Фишт F_1, Памир F_1, Селигер F_1, Факел F_1, (Куб х Ф463) F_1, LS-1551-01 F_1, Лекарь F_1, Темп F_1, Император F_1, Гибрид 320 F_1, Премьер F_1. Вторая группа представлена гибридами, которые по некоторым хозяйственно-ценным признакам уступали гибридам первой группы и будут, вероятно, иметь ограниченное внедрение в товарное овощеводство. Это гибрид Байкал F_1 и Гибрид 350 F_1, сорта Славутич, Кент F_1, гибриды с желтой окраской плода – Медовей F_1 и Медок F_1. Третья группа гибридов рекомендуется для выращивания в личных подсобных хозяйствах. Это сорта Кубанский консервный, Крепыш, Княжич F_1. Гибриды Виктор F_1, Натали F_1, Лагуна F_1, Корнелия F_1, Призер F_1 и Валентина F_1 не проявили свой потенциал в условиях текущего года.

Ключевые слова: *перец сладкий, гибриды F_1, сортоиспытание.*

VARIETALTESTING OF F_1 HYBRIDS OF SWEET PEPPER OF DOMESTIC BREEDING IN THE CENTRAL ZONE OF KRASNODAR REGION

23 hybrids of domestic breeding, 3 varieties and 2 hybrids of foreign breeding were planted at the demonstration site of the vegetable-growing department. The evaluation of hybrids on the traits