

# Создание короткоплодных партенокарпических линий огурца гладкого типа



## Резюме

Получение современных гибридов огурца невозможно без постоянного привлечения генетически новых источников в селекционный процесс. Одной из важнейших задач в вопросе создания новых гетерозисных гибридов огурца является получение, а в дальнейшем, подбор для гибридных скрещиваний, родительских линий с важнейшими хозяйствственно цennыми признаками. Исследования направлены на получение новых короткоплодных линий огурца с гладким типом плода с целью получения с помощью них гибридов, сочетающих в себе устойчивость к настоящей мучнистой росе по генам *pm* и *pmh*, толерантность к вирусу желтой мозаики цуккини по генам *zymv* в сочетании с высокой урожайностью, возможностью выращивания их не только в пленочных необогреваемых теплицах, но и в остекленных теплицах.

**Материалы и методы.** В данной статье представлены две схемы получения родительских форм на примере создания четырех линий огурца с коротким гладким плодом. Проведена их сравнительная характеристика и описание новых гибридов, созданных с участием изучаемого линейного материала. Основные исследования проводили в 2013-2020 годах на базе лаборатории Тыквенные культуры Крымского селекционного центра «Гавриш» Научно-исследовательского института селекции овощных культур (г. Крымск, Краснодарский край). Материал исследований – гибриды F<sub>1</sub> и селекционные образцы партенокарпического огурца с гладким типом плода различного происхождения (всего 34 образца) из коллекции НИСОК. В работе использовали традиционные методы оценки селекционно значимых признаков и современные методы молекулярного маркирования. Цель работы – сравнить две схемы получения короткоплодных форм огурца, оценить созданные линии и гибридные комбинации с их участием по комплексу хозяйствственно ценных признаков.

**Результаты.** Результатом работы стало создание на базе полученных линий новых гибридных комбинаций, две из которых внесены в Государственный реестр селекционных достижений: F<sub>1</sub> Министар (F<sub>1</sub> 1600/16) и F<sub>1</sub> Промини (F<sub>1</sub> 1995/16).

**Ключевые слова:** огурец, продуктивность, линия, гибрид, корреляция, F<sub>1</sub> Промини, F<sub>1</sub> Министар

# Creation of parthenocarpic lines of smooth and short type of cucumber

## Abstract

**Relevance.** Obtaining modern cucumber hybrids is impossible without the constant involvement of genetically new sources in the breeding process. One of the most important tasks in the issue of creating new heterotic cucumber hybrids is to obtain, and in the future, selection for hybrid crossings, parental lines with the most important economically valuable traits. Research is aimed at obtaining new short-fruited cucumber lines with a smooth type of fruit in order to obtain hybrids with their help that combine resistance to powdery mildew for the "pm" and "pmh" genes, tolerance to the zucchini yellow mosaic virus for the "zymv" genes in combined with high yields, the possibility of growing them not only in unheated film greenhouses, but also in glazed greenhouses.

**Methods.** This article presents two schemes for obtaining parental forms using the example of creating four cucumber lines with a short, smooth fruit. Their comparative characteristics and description of new hybrids created with the participation of the studied linear material are carried out. Materials and methods. The main studies were carried out in 2013-2020 on the basis of the Pumpkin Cultures Laboratory of the Krymsk Breeding Center "Gavrish" of the Research Institute of Vegetable Breeding (Krymsk, Krasnodar Territory). The research material is F<sub>1</sub> hybrids and selection samples of parthenocarpic cucumber with a smooth type of fruit of various origins (34 samples in total) from the NIIISOK collection. The work used traditional methods for assessing selection-significant traits and modern methods of molecular labeling. The purpose of the work is to compare two schemes for obtaining short-fruited cucumber forms, to evaluate the created lines and hybrid combinations with their participation in terms of a complex of economically valuable traits.

**Results.** The result of the work was the creation of new hybrid combinations based on the obtained lines, two of which are included in the State Register of Breeding Achievements. These are F<sub>1</sub> Ministar (F<sub>1</sub> 1600/16) and F<sub>1</sub> Promini (F<sub>1</sub> 1995/16).

**Keywords:** cucumber, productivity, line, hybrid, correlation, F<sub>1</sub> Promini, F<sub>1</sub> Ministar

## Введение

Использование теплиц в производстве овощей сделало огурец одной из основных овощных культур и способствовало замещению сортов гибридами, как за рубежом, так и в России [1, 2, 3]. В связи с популярностью возделывания культуры огурца, как в крупных тепличных комбинатах с их возможностью выращивания овощей в течение всего календарного года, так и в мелких фермерских хозяйствах с неотапливаемыми пленочными теплицами, потребность в новых гибридах огурца постоянно растет. С расширением рынка на юге России, в странах Ближнего Востока и Средней Азии важно пополнение ассортимента партенокарпических гибридов огурца не только с бугорчатыми, но и с гладкими плодами разного размера. Создаваемые гибриды  $F_1$  должны сочетать высокие товарные качества с высокой урожайностью, женский тип цветения со скороспелостью, быть адаптивными к стрессовым условиям и обладать групповой устойчивостью к вредным патогенам, таким как настоящая мучнистая роса (*Pm*), пероноспороз (*Rcu*), вирус желтой мозаики цуккини (*ZYMV*), вирус зеленой крапчатой мозаики огурца (*CGMM*) и другие [4, 5, 6].

Одной из самых важных задач современной селекции является создание родительских линий, способных при гибридизации обеспечить не только эффект гетерозиса по продуктивности, но и передавать гибриду необходимые хозяйственno ценные признаки [7, 8, 9]. Потенциал линейного материала зависит от наличия различных качественных и количественных признаков, среди которых можно выделить следующие: темпы роста и формирования ассимиляционного аппарата, тип цветения, способность образовывать одновременно 2-3 и более зеленцов в узле, форма и размер плодов и другие [10, 11].

В ассортименте гладкого огурца должны присутствовать гибриды с короткими, средними и длинными плодами. Стоит отметить, что с недавних пор возник интерес к гладким коктейльным огурцам, и в ресторанном бизнесе, видимо, чтобы создать некую изюминку в заведении, повара готовят блюда именно из гладких плодов коктейльного типа. Такого типа огурцы так же очень хорошо смотрятся в прозрачной пластиковой упаковке. При этом цена огурца на подложке существенно превышает стоимость плодов без упаковки. По нашему мнению, данный сегмент рынка не стоит игнорировать, так как существует дефицит районированных гибридов в этой категории. Таким образом, перед селекционерами ООО «НИСОК» была поставлена задача расширения ассортимента гибридов с помощью создания нового линейного материала с гладкими короткими плодами и на их основе – продуктивных гибридов огурца «мульти»-типа для пленочных теплиц юга России.

Конкуренция с иностранными фирмами-оригинаторами семян не позволяет использовать для создания новых гибридов огурца только «старые» линии, полученные 10-20 лет назад. То есть, получение современных гибридов огурца невозможно без постоянного привлечения генетически нового материала в селекционный процесс.

Про культуру огурца, как объекта для проведения селекционно-генетических исследований, написано много научных работ. Одновременно с этим, изучение количественных признаков на этом объекте – довольно сложная задача [11, 12, 13]. Это объясняется необходимостью анализа большой выборки растений в расщепляю-

щихся поколениях, а это, в свою очередь, требует большую площадь дорогостоящих теплиц для проведения эксперимента. Вероятно, поэтому в мире до настоящего времени сравнительно мало научных публикаций по изучению и наследованию количественных признаков зеленца в поколениях расщепляющихся гибридных комбинаций культуры огурца.

В 1977-1980 годах на базе МСХА им. К.А. Тимирязева были проведены опыты с использованием мелкоплодных и крупноплодных линий огурца и показано, что при скрещивании значение признака «масса плода» в  $F_1$  оказалось больше среднего геометрического, но меньше среднего арифметического между родителями. Распределение в  $F_2$  было смещено в сторону мелкоплодной формы, а средняя величина была ближе к среднему геометрическому. Характер распределения растений в расщепляющихся потомствах указывал на сложный характер контроля признака. Взаимодействие аллелей массы плода занимает промежуточное положение между аддитивным и кумулятивным при очень слабом доминировании мелкоплодной формы.

Масса плода тесно связана с его размерами. При этом, средняя длина плода в потомствах  $F_1$  и  $F_2$  была меньше среднего арифметического между родительскими формами, т. е. была ближе к короткоплодному родителю. Степень доминантности признака «длина плода» была отрицательной, а анализ распределений в расщепляющихся поколениях указывал, что различия обусловлены кумулятивным взаимодействием не менее, чем трех пар аллелей генов.

Согласно общей оценке данных по признаку «диаметр плода» предполагалось, что контроль различий осуществляется не менее чем тремя парами аллелей и гетерозис, вероятно, проявлялся в результате эпистатического взаимодействия генов длины и диаметра плода [6, 14].

Позже, исследования Ли Янь Хуа (1996) подтвердили, что наследование массы плода в  $F_1$  носит промежуточный характер и контролируется тремя и более действующими аддитивно генами. По признаку «диаметр плода» наследование шло по типу сверхдоминирование, контролируемое не менее, чем тремя генами, а в контроле признака «длина плода» участвуют не менее четырех генов при кумулятивном их взаимодействии [12]. Учитывая такой сложный характер проявления и наследования целевого признака «длина зеленца», в нашей селекционной работе при получении короткоплодных линий огурца были использованы разные методические подходы подбора исходного материала.

Цель работы – получение короткоплодных форм огурца, оценка созданных линий и гибридных комбинаций с их участием по комплексу хозяйственno ценных признаков.

## Материалы и методы

Основные исследования проводили в 2013-2020 годах на базе лаборатории Тыквенных культур Крымского селекционного центра «Гавриш» (г. Крымск, Краснодарский край). Материал исследований – гибриды  $F_1$  партенокарпического огурца с гладким типом плода (всего 34) различного происхождения из коллекции НИСОК.

Образцы выращивали как в остекленных теплицах, так и в необогреваемых пленочных теплицах. Закладку коллекционного и селекционного питомников и наблюдения проводили по общепринятым рекомендациям и методиче-

ским указаниям с использованием нескольких оборотов выращивания. Сортоиспытание полученных гибридов  $F_1$  (350 образцов) проводили согласно методическим указаниям по проведению сортоиспытания сельскохозяйственных культур [15, 16]. В зимне-весенном обороте посев семян проводили 10 января, посадку растений в остекленную теплицу – 1 февраля; в весенне-летнем обороте посев семян – 4 апреля, посадку растений в пленочные теплицы – 24 апреля; в летне-осенном обороте посев семян – 7 июля, посадку растений в остекленную теплицу – 25 июля. Растения каждого образца высаживали в двух повторениях. Плотность посадки 2,5 растений на 1 м<sup>2</sup>.

В период вегетации на соответствующих стадиях развития растений проводили оценку следующих признаков: горечь вегетативной части – в стадии развернутых семядольных листьев, тип цветения растений – до образования первого плода и во время плодоношения, раннеспелость – с появления первых плодов на растении, вкусовые качества – во время массового плодоношения. В процессе изучения обязательно учитывался признак выраженности женского пола, так как он коррелирует с общей продуктивностью растения.

Для данной работы были предпочтительны гибриды огурца с ограниченным ростом главного побега, укороченными междуузлями и хорошо ветвящимися детерминантными боковыми побегами. Также кроме цвета и формы учитывали и транспортабельные качества плода (это наличие плотной кожиццы и плотной текстуры плода). Среднюю урожайность и товарность плодов каждого испытываемого образца рассчитывали за весь период плодоношения.

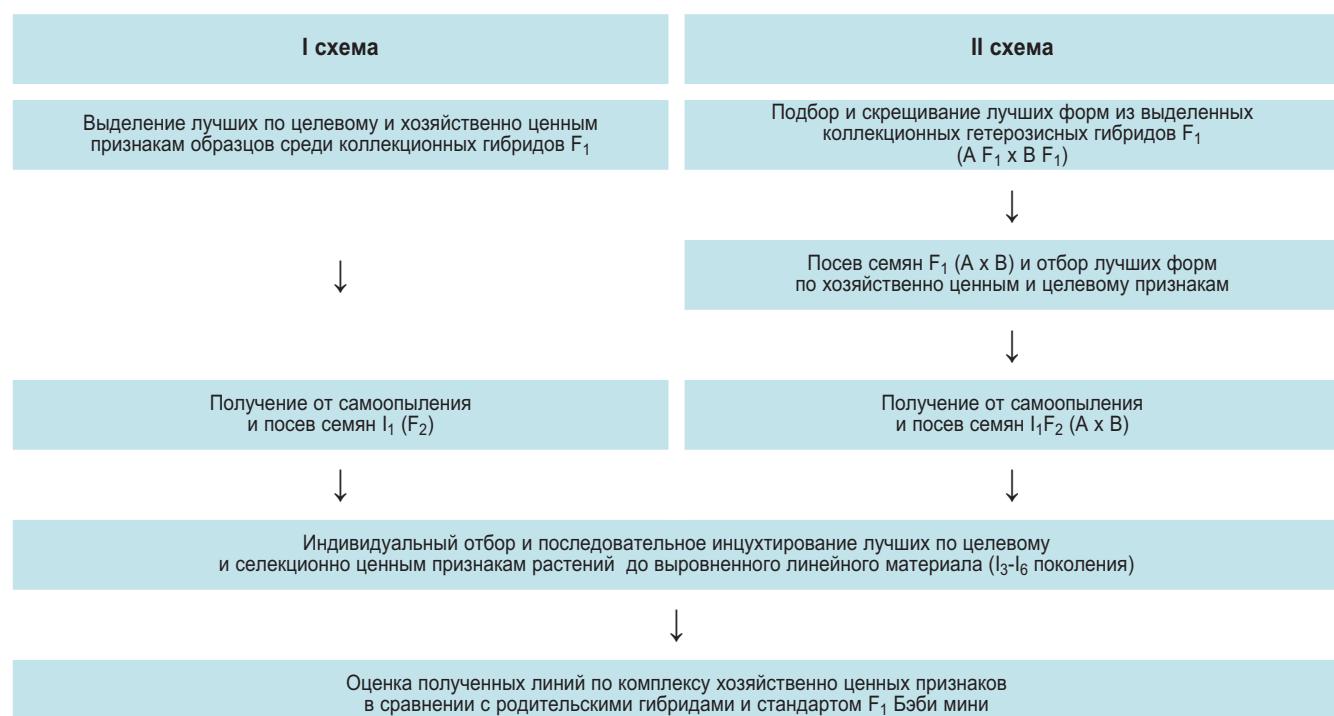
Фитопатологическую оценку поражения образцов мучнистой росой (возбудитель – *Sphaerotheca fuliginea*) и пероноспорозом (возбудитель – *Pseudoperonospora cubensis*) проводили на естественном инфекционном

фоне в пик распространения болезней визуально по модифицированной десятибалльной шкале и ранжировали на группы: I – устойчивые, без видимых признаков поражения (0 баллов); II – слабовосприимчивые (0,5-1 балл); III – средневосприимчивые (1,5-2 балла); IV – восприимчивые (2,5-3 балла); V – сильно восприимчивые (3,5-5 балла) [17].

Помимо устойчивости растений к настоящей мучнистой росе, в настоящее время важна и устойчивость к вирусным патогенам, таким как вирус пожелтения жилок огурца и вирус желтой мозаики цуккини. Это одни из основных возбудителей, которые наносят огромный вред на всех культурах семейства Тыквенные (*Cucurbitaceae*). Изучение коллекционного и селекционного материала огурца на присутствие генов устойчивости к настоящей мучнистой росе (*Powdery mildew – pm1* и *pmh*), вирусу желтой мозаики цуккини (*Zucchini Yellow Mosaic Virus = ZYMV*) проводили на основе разработанного алгоритма зондов TaqMan на платформе Real-Time ПЦР с использованием молекулярных маркеров генов *pm1*, *pmh*, *svu*, и *zym* производства фирмы Sintol". Выделение ДНК и ПЦР амплификацию проводили по усовершенствованным в лаборатории молекулярной диагностики растений ООО «НИИСОК» методикам [18].

Для получения новых форм и создания линий использовали инцхут, парные скрещивания, индивидуальный отбор. В работе применяли две схемы селекционного процесса, основные этапы которых представлены на рисунке 1. В качестве исходных форм использовали растения женского (ж0) и преимущественно женского (ж1-ж3) типа цветения из наиболее перспективных коллекционных гибридов  $F_1$  лаборатории Тыквенных культур НИИСОК с различной длиной плодов.

Статистическую обработку проводили [19] с использованием программы Excel.

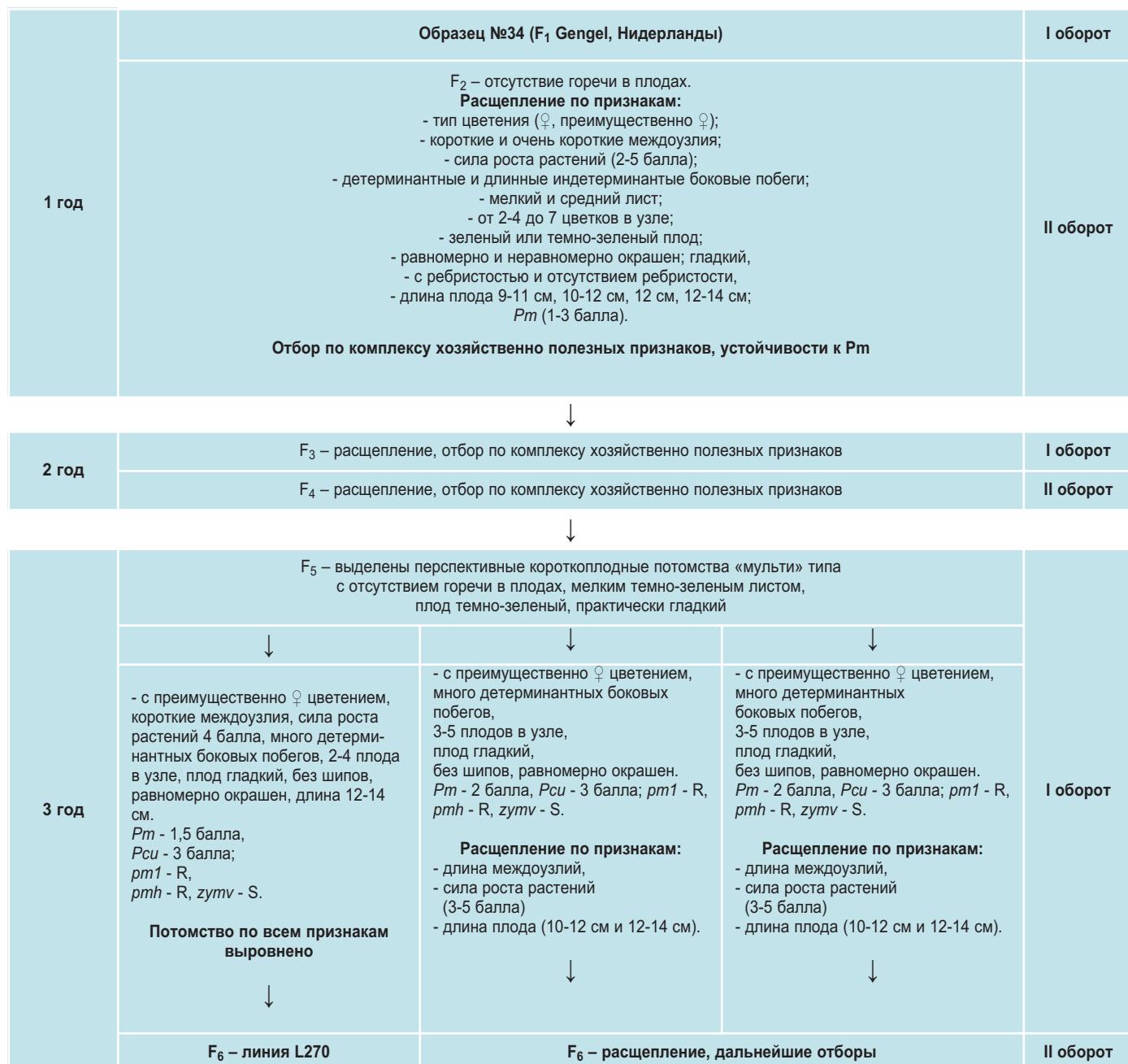


**Рис. 1. Основные этапы двух схем селекционного процесса создания короткоплодных родительских линий огурца с гладким типом плода на основе гибридов  $F_1$**   
**Fig. 1. The main stages of the two schemes of the breeding process for creating short-fruited cucumber parental lines with a smooth fruit type based on  $F_1$  hybrids**

### Результаты и обсуждение

Селекционную работу проводили в зимне-весенном, в весенне-летнем и летне-осенном оборотах, что позволило детально изучить коллекционные и селекционные образцы по комплексу хозяйствственно значимых признаков в различных условиях выращивания, выявить как общие, так и специфичные особенности их проявления в сравнении со стандартом  $F_1$  Бэби мини компании MONSANTO HOLLAND B. V. Второй стандарт для оценки образцов –  $F_1$  Мелен голландской компании ENZA ZADEN BEHEER B.V. Оба этих гибрида включены в Государственный реестр селекционных достижений РФ [20]. Использование двух- и трех-оборотной схемы выращивания огурца в теплицах позволило существенно ускорить процесс создания нового линейного материала. А именно, в случае использования в качестве исходного материала уже имеющихся коллекционных гибридов  $F_1$  с пяти до трех лет; а с предварительным получением новых гибридных комбинаций на их основе – с семи до трех-четырех лет.

Селекционный процесс получения линейного материала схематично представлен на примере создания четырех линий огурца с коротким гладким плодом (рис.2,3). В первой схеме линия L270 была получена из расщепляющихся потомств от инцуктирования растений гибридной популяции, исходно обладающей комплексом необходимых признаков, в том числе и целевыми – короткоплодностью и «букетным» типом цветения. Это партенокарпический гибрид  $F_1$  Gendel (Нидерланды, RZ) (коэффициент партенокарпии 0,8), женского типа цветения. Растения компактные с ограниченным ростом главного побега, с большим количеством детерминантных боковых побегов. Растения с укороченными междуузлиями и некрупными довольно темно-зелеными листьями. Зеленец длиной 12-14 см, ровной темно-зеленой окраски с гладкой поверхностью, слабыми ребрами и простым белым опушением. В пазухе листа может образовываться до 4-5 завязей. Горечь в вегетативных частях растений отсутствует. Гибрид обладает устойчивостью к мучнистой росе и корневым гнилям [17].



**Рис. 2. Способ получения партенокарпической линии огурца L270 (2013-2015 годы)**  
**Fig. 2. Method for obtaining parthenocarpic cucumber line L270 (2013-2015)**

# СЕЛЕКЦИЯ И СЕМЕНОВОДСТВО СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ

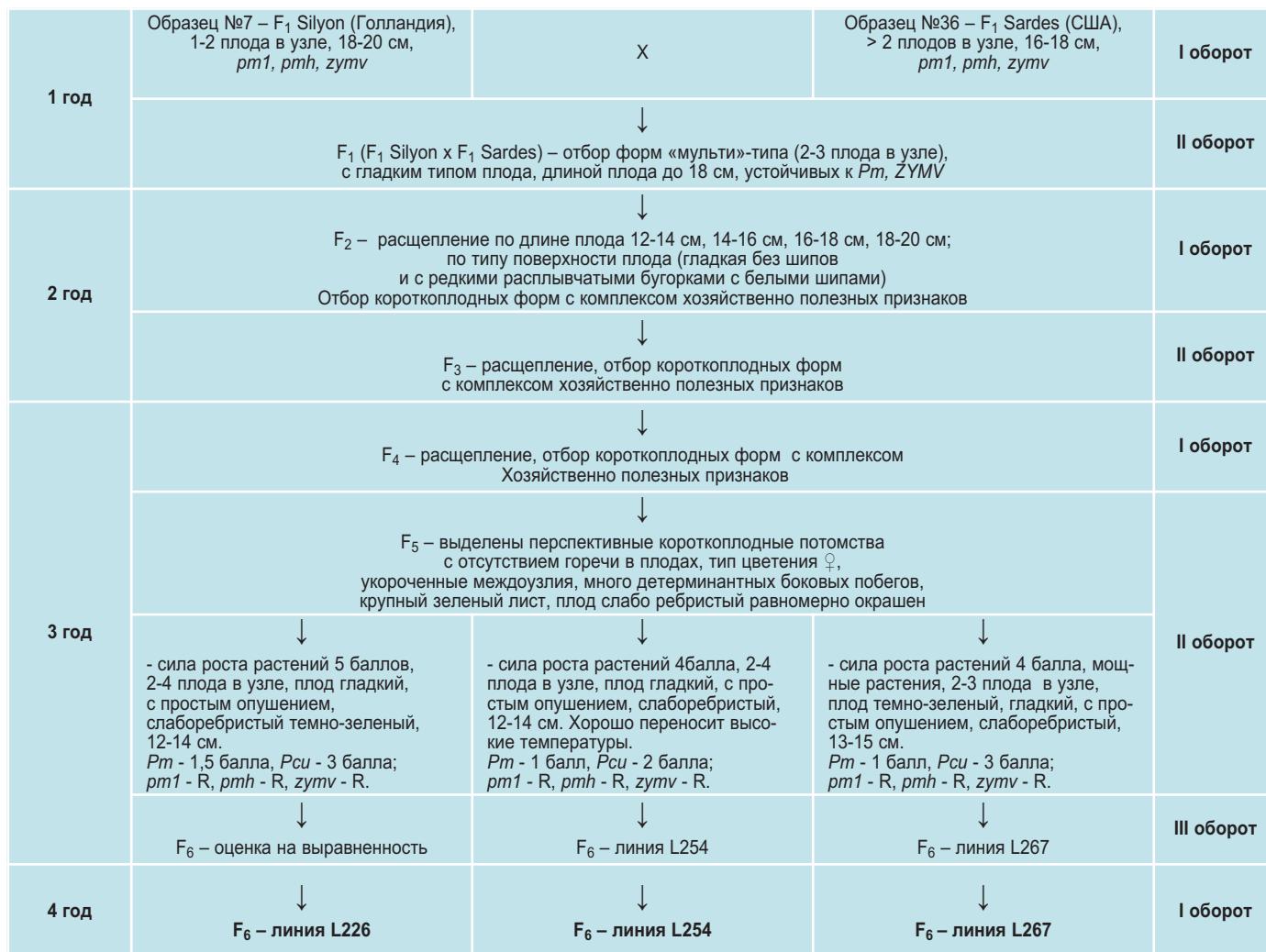
При изучении  $I_2$  и последующих поколений получены потомства, расщепляющиеся по типу цветения, выраженности «букетного типа», силе роста, размеру листовой пластины, побегообразовательной способности, устойчивости к болезням. По длине зеленца отмечен сдвиг в сторону уменьшения признака, который в семьях варьировал от 9-11 см до 12-14 см. Индивидуальные отборы в расщепляющихся потомствах  $I_{2-5}$ , в первую очередь, проводили на партенокарпию, женский и преимущественно женский типы цветения. По нашим наблюдениям, отбор чисто женских растений наиболее эффективно проводить в весенне-летний период в пленочных теплицах. Чисто женские растения не цветут мужскими цветками. У растений преимущественно женского типа цветения мужские цветки могут образовываться внизу главного побега до 10-12-го узла. На боковых побегах мужских цветков, как правило, не бывает.

Среди инбредных потомств с женским типом цветения в результате жесткого отбора по комплексу других признаков: отсутствие горечи в вегетативных частях, укороченные междуузлия, наличие большого количества детерминантных боковых побегов, окраску и привлекательный внешний вид зеленца, «букетный» тип цветения, устойчивость к настоящей мучнистой росе, в  $I_6$  поколении была выделена выровненная по данным признакам линия с короткими плодами – L 270. В остальных семьях с полез-

ными, на наш взгляд, хозяйственными признаками расщепление по некоторым из них наблюдали вплоть до  $I_{7-8}$  поколений (рис. 2).

Разнообразие генетической основы для создания новых линий огурца можно значительно расширить, если в селекционной работе ведется целенаправленный подбор уже имеющихся гетерозисных гибридов и их предварительное скрещивание. При гибридизации особое внимание уделяли подбору родительских форм, которые должны дополнять друг друга по своим хозяйственными полезным признакам. Линии огурца с коротким гладким типом плода нам удалось получить из потомства комбинации коллекционных гибридов среднеплодного типа  $F_1$  ( $F_1$  Silyon x  $F_1$  Sardes) различного географического происхождения (рис. 3).

Партенокарпические (коэффиц. 0,8) гибриды  $F_1$  Silyon (Нидерланды, RZ) и  $F_1$  Sardes (США, Seminis) характеризуются женским типом цветения, укороченными междуузлиями, относительно высокой побегообразовательной способностью детерминантными боковыми побегами, отсутствием горечи в вегетативных частях, простым белым опушением. Оба гибрида имеют темно-зеленые, гладкие с небольшой ребристостью плоды, но разной длины 18-20 и 16-18 см соответственно; отличаются по размеру листьев (крупные и средние, соответственно) и габитусу растений (у  $F_1$  Silyon более мощный главный



**Рис.3. Схема получения партенокарпических короткоплодных линий огурца с гибридизацией среднеплодных гибридов  $F_1$  (2013-2015 годы)**  
**Fig.3. Scheme for obtaining parthenocarpic short-fruited cucumber lines with hybridization of medium-fruited  $F_1$  hybrids (2013-2015)**

побег), а также по выраженности «букетного» расположения цветков в каждой пазухе листа. Гибрид  $F_1$  Silyon формирует 1-2 (чаще 2) плода, а  $F_1$  Sardes – более двух плодов. Данные гибриды проявляют относительную устойчивость к мучнистой росе (средний балл поражения 0,5-1), а также толерантны к вирусу цуккини. При этом  $F_1$  Silyon отлично переносит высокие летние температуры.

От скрещивания этих коллекционных образцов  $F_1$  ( $F_1$  Silyon x  $F_1$  Sardes) были выделены женские «мульти»-типа растения с длиной плода в среднем 18 см. Кроме отборов на женский тип цветения, устойчивости к настоящей и ложной мучнистой росе, проводили отборы на наличие мощного главного побега с укороченными междуузлиями, крупного зеленого и темно-зеленого листа.

После инцюхтирования в  $I_{1-2}$  поколениях ( $F_1$  Silyon x  $F_1$  Sardes) наблюдали расщепление по габитусу растений (высота главного побега, длина междуузлий, размер листовой пластины, цвет листа, количество боковых побегов и пр.), длине плода (короткоплодные и среднеплодные), устойчивости к болезням (мучнистая роса и пероноспороз). При отборе в данных поколениях нас наиболее интересовали растения с укороченными междуузлиями, наличием детерминантных боковых побегов, «мульти»-типа, с короткими плодами, устойчивыми к *Pm*, *ZYMV*. В  $I_{6-8}$ -поколении были выделены три короткоплодные семья L226, L254, L267, выровненные по основным хозяйствственно ценным признакам, а в  $I_{6-8}$  – перспективные линии с длиной плода 16-18 см.

**Характеристика созданных короткоплодных линий и гибридных комбинаций на их основе.** По визуальной оценке, полученные линии L226, L254, L267 унаследовали от своих родительских форм следующие хозяйствственно ценные признаки: женский тип цветения, партенокарпию (не менее 0,8), отсутствие горечи в плодах, мощный (сильный) главный побег, форму и размер листовой пластины; укороченные междуузлия, высокая побегообразовательная способность детерминантными боковыми побегами, устойчивость к настоящей мучнистой росе *Pm* и вирусу цуккини огурца *ZYMV*. По данным молекулярного маркирования в их геномах присутствуют соответствующие гены устойчивости (*pm1*, *pmh*, *zumt*). Линии также характеризуются простым белым опушением, имеют гладкие равномерно окрашенные с небольшой ребристостью плоды, от  $F_1$  Sardes унаследовали букетный тип цветения, а линия

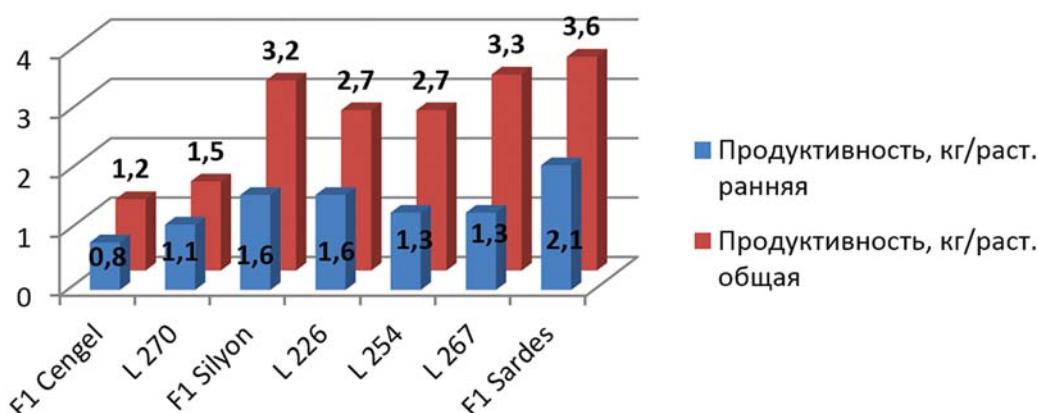
L254 – еще и устойчивость к повышенной температуре воздуха (как у  $F_1$  Silyon).

Линии L226 и L254 имеют по 2-4 плода в каждом узле, длиной 12-14 см. Линия L226 уступает L254 по мощности главного побега, размеру листовой пластины, имеет темно-зеленую окраску плода (у L254 плод зеленого цвета). Линия L267 в узле образует не более трех плодов и длина зеленца на 1-2 см больше, чем у линий L226 и L254 (рис.3).

Полученная первым способом линия L270, по визуальной оценке, очень похожа на исходный гибрид  $F_1$  Cengel и характеризуется женским типом цветения, короткими междуузлиями, довольно мелкими листьями, высокой побегообразовательной способностью, детерминантными боковыми побегами, в каждом узле образуется более трех плодов темно-зеленого цвета длиной 12-14 см. Как и предыдущие три линии, она относительно устойчива к мучнистой росе и имеет рецессивные гены устойчивости *pm1* и *pmh* в гомозиготном состоянии, но отличается отсутствием гена устойчивости к *ZYMV* (рис.2).

По скороспелости линии L226 и L270 относятся к группе раннеспелых. Период от всходов до плодоношения составляет 43 суток (у L270) и 44 суток (у L226). У линий L254 и L267 данный период растягивается на 3-5 суток и составляет 46 (L254) – 48 (L267) суток. У линий L270 и L254 длина плода составляет 12-14 см, масса плода – 130-140 г, индекс формы – 3,9. У линии L226 плод длиной 12-13 см, масса – 120-130 г, индекс формы – 3,7. Плод линии L267: длина – 13-15 см, масса – 140-150 г, индекс – 4.

Производственные испытания в различных оборотах показали, что в среднем по продуктивности все полученные линии значимо превышали короткоплодный гибрид  $F_1$  Cengel: в 1,3-1,5 раза по ранней и в 1,3-2,8 раза по общей продуктивности (рис.4). За счет сильной побегообразовательной способности (главного и боковых детерминантных побегов), довольно большого размера листовой пластины три линии, полученные с применением предварительной гибридизации среднеплодных гибридов, были более продуктивными, чем линия L270, полученная непосредственно на основе гибрида  $F_1$  Cengel. По ранней отдаче урожая выделялась линия L226 (1,6 кг/раст.), а за весь период плодоношения – линия L267 (3,3 кг/раст.), они обе не уступали среднеплодному гибридам  $F_1$  Silyon (в комбинации скрещивания – материнская форма).



**Рис.4. Продуктивность исходных коллекционных гибридов и созданных на их основе новых короткоплодных линий (Крымский селекционный центр «Гавриш», пленочные необогреваемые теплицы, 2015-2017 годы)**  
**Fig.4. The productivity of the original collection hybrids and new short-fruited lines created on their basis (Krymsk breeding center "Gavriš", 2015-2017)**



**Рис. 5. Сравнительная характеристика гибридов F<sub>1</sub> и их родительских форм (слева направо) по продуктивности растений (Крымский селекционный центр «Гавриш», пленочные необогреваемые теплицы, 2016-2018 годы)**  
**Fig. 5. Comparative characteristics of F<sub>1</sub> hybrids and their parental forms (from left to right) in terms of plant productivity (Krymsk breeding center "Gavriš", 2016-2018)**

В результате проведенных скрещиваний, в которых одним из родителей были новые линии (L226, L254, L267, L270) были получены партенокарпические гибридные комбинации F<sub>1</sub> 1600/16, F<sub>1</sub> 1995/16, F<sub>1</sub> 3555/15, F<sub>1</sub> 3675/15 женского типа цветения. Это раннеспелые гибриды. Период от всходов до плодоношения у гибридов F<sub>1</sub> 1995/16 и F<sub>1</sub> 3555/15 составил 42 суток, у F<sub>1</sub> 1600/16 и F<sub>1</sub> 3675/15 – 44 суток. Новые гибриды представляют растения с укороченными междуузлями длиной 8-10 см, хорошо ветвятся детерминантными боковыми побегами, на которых закладывается и развивается по 2-4 плода. По ранней продуктивности эффект гетерозиса проявился только в двух комбинациях. Гибрид F<sub>1</sub> 1600/16 по данному признаку на фоне своего лучшего родителя (L270) имел существенное преимущество – 1,6 кг/раст. против 1,1 кг/раст., а ранняя продуктивность гибрида F<sub>1</sub> 1995/16 не уступала его лучшей родительской линии (L226) и также составила 1,6 кг/раст. В двух других комбинациях был отмечен промежуточный характер наследования этого признака (рис. 5).

По общей продуктивности во всех рассматриваемых гибридных комбинациях отмечено проявление истинного эффекта гетерозиса, поскольку они не уступали и значительно превосходили по данному признаку своего лучшего родителя. Стоит отметить гибриды F<sub>1</sub> 1600/16 и F<sub>1</sub> 1995/16, общая продуктивность которых выше их лучших родительских линий L226 и L270 в 1,5-2 раза и составила 3,3 кг/раст. и 4 кг/раст., соответственно. Общая продуктивность гибрида F<sub>1</sub> 3555/15 зафиксирована как 3,3 кг/раст., что в сравнении с его лучшей родительской формой – L254 выше на 18%. У гибрида F<sub>1</sub> 3675/15 и его лучшего родителя (L267) продуктивность за весь период составила 3,1 кг/раст. и 3,3 кг/раст., соответственно (рис. 5). Ниже приведено краткое описание полученных гибридов, а в таблице представлены результаты производственных сортос испытаний в сравнении с коммерческими гибридами F<sub>1</sub>.

**F<sub>1</sub> 1600/16 (F<sub>1</sub> Министар)\*** – партенокарпический коктейльный гибрид для различных условий выращивания, в том числе – светокультуры:

- растение открытое, с укороченными междуузлями и небольшими листьями;
- хорошее ветвление детерминантными боковыми побегами;
- плоды 10-12 см, с тонкой нежной кожицей, гладкого типа, без шипов, довольно светло-зеленой окраски;
- в начале культуры закладывает 1-2 плода в узле, с серединой главного стебля до 4 плодов в узле;

Оптимальная густота посадки – 2,5-3,0 раст./м<sup>2</sup>.

Сохраняет отличное качество плода в течение всего периода плодоношения. После уборки рекомендуется упаковать плоды в пленку.

Устойчивость HR: Px (Pm-1 – R, Pm-h – R)

**F<sub>1</sub> 1995/16 (F<sub>1</sub> Промини)\*** – партенокарпический коктейльный гибрид для различных условий выращивания, в том числе светокультуры:

- растение открытое, с короткими междуузлями и довольно крупными темно-зелеными листьями;
- хорошее ветвление детерминантными боковыми побегами;
- плоды 9-11 см, гладкого типа, со слабой ребристостью, насыщенно зеленого цвета;
- в начале культуры закладывает 1-2 плода в узле, с серединой главного стебля – по 2-4 плода.

Оптимальная густота посадки – 2,5 раст./м<sup>2</sup>.

Рекомендуется уборка плодов весом 50-70 г.

Устойчивость HR: Px (Pm-1 – R, Pm-h – R) / IR: ZYMV

**F<sub>1</sub> 3555/15** – партенокарпический гибрид для выращивания в пленочных теплицах:

- растение «коренастое», открытое, с короткими междуузлями и довольно крупными темно-зелеными листьями;
- хорошее ветвление детерминантными боковыми побегами;
- плоды 14-16 см, стандартные, гладкого типа, однородно темно-зеленого цвета, матовые;
- в каждом узле развивается до 3 плодов, преимущественно 2.

Оптимальная густота посадки – 2,5 раст./м<sup>2</sup>

Устойчивость HR: Px / IR: Pcu, Foc, ZYMV, CMV.

Таблица. Урожайность и характеристика полученных гибридов  $F_1$  огурца с гладким типом плода  
(Крымский селекционный центр «Гавриш», пленочные необогреваемые теплицы, 2016-2018 годы)  
Table. Productivity and characteristics of the  $F_1$  hybrids of cucumber with a smooth type of fruit  
(Krymsk breeding center "Gavriš", 2016-2018)

Гибридная комбинация $F_1$	Урожайность с $m^2$						Число заяв-зей в узле, штук*	Плод					
	ранняя		общая		кг	отклонение от st.		кг	отклонение от st.	масса, г	длина, см	диаметр, см	
	кг	отклонение от st.	кг	%									
$F_1$ Бэби мини - St	3,75				7,75			1-3		110	11	3,4	3,2
1600/16*	3,90	0,15	4,0		8,13	0,38	4,9	2-4		105	11	3,3	3,1
(L2x L270)													
1995/16*	3,93	0,18	4,8		9,88	2,13	27,5	2-4		100	10	3,5	2,9
(L226 x L2)													
$F_1$ Мелен - St	3,63				8,00			1		170	17	3,4	5
3675/15	3,60	-0,03	-0,8		7,63	-0,38	-4,6	1-3		160	16	3,6	4,4
(L215 x L267)													
3555/15	3,35	-0,28	-7,7		8,33	0,32	4,1	2(3)		150	15	3,5	4,3
(L104 x L254)													
HCP 0,5	0,51					0,85							

\*Гибриды  $F_1$  1600/16 и  $F_1$  1995/16 внесены в Государственный реестр селекционных достижений на территории РФ под именами  $F_1$  Министар и  $F_1$  Промини, соответственно [20]

**F1 3675/15** – партенокарпический гибрид для выращивания в пленочных теплицах:

- открытое растение, с укороченными междуузлиями и довольно крупными темно-зелеными листьями;
- хорошее ветвление детерминантными боковыми побегами;
- плоды 15-17 см, гладкого типа, небольшой ребристостью, темно-зеленого цвета;
- в каждом узле развивается по 2-3 плода.

Оптимальная густота посадки – 2,5 раст./ $m^2$ .

Устойчивость. HR: Px / IR: Pcu, Foc, ZYMV

По ранней урожайности короткоплодные гибриды  $F_1$  1600/16 (3,90 кг/ $m^2$ ),  $F_1$  1995/16 (3,93 кг/ $m^2$ ) не уступали стандарту  $F_1$  Бэби мини (3,75 кг/ $m^2$ ). По урожайности за весь период плодоношения данные гибриды превысили уровень стандарта на 5-28%. Особо отличился по данному показателю  $F_1$  1995/16 (9,88 кг/ $m^2$ ) в сравнении с St  $F_1$  Бэби мини (7,75 кг/ $m^2$ ), в том числе и остальными гибридами. Общая урожайность у гибрида  $F_1$  1600/16 составила 8,13 кг/ $m^2$ . У гибридов  $F_1$  3675/15 и  $F_1$  3555/15 плоды длиннее (16-17 см и 15-16 см, соответственно), чем у рассматриваемых ранее гибридов (10-12 см). Поэтому сравнительная характеристика данных образцов была проведена на фоне St  $F_1$  Мелен. За первый месяц плодоношения урожайность гибрида  $F_1$  3555/15 составила (3,35 кг/ $m^2$ ), что на 8% меньше, чем у стандартного гибрида (3,63 кг/ $m^2$ ). А по урожайности за весь период плодоношения культуры гибридов  $F_1$  3555/15 (8,33 кг/ $m^2$ ) был на уровне стандарта (8,0 кг/ $m^2$ ). Урожайность гибрида  $F_1$  3675/15 (3,60 кг/ $m^2$ ) за первый месяц плодоношения находилась на уровне стандарта  $F_1$  Мелен (3,63 кг/ $m^2$ ). За весь период плодоношения культуры данный показатель у гибрида  $F_1$  3675/15 на 5% был ниже стандарта (7,63 кг/ $m^2$  и 8,0 кг/ $m^2$ , соответственно).

**Особенности поддержания созданных линий.** В селекции важно не только создать гетерозисный партенокарпический гибрид  $F_1$  огурца, но и разработать элементы технологии его семеноводства и, в первую очередь, поддержания родительских форм. Для размножения линий чисто женского типа цветения важно, чтобы на ней могли образовываться

под действием стимуляторов (азотокислое серебро, гибереллин) достаточное количество мужских цветков для опыления.

Исследования показали, что все новые линии очень хорошо отзываются на обработку фитогормонами пола. В нашей работе применяли трехкратную обработку растений в фазе двух-трех настоящих листьев гибереллином и нитратом серебра. Чтобы не вызывать ожоги и угнетение роста растений обработку растворами проводили поочередно: один день гибереллином (концентрация вещества 0,1%), через трое суток – нитратом серебра (концентрация вещества 0,001%) и так повторяли 3 раза. Установлено, что шесть-восемь таких обработок достаточно, чтобы образовалось достаточное количество мужских цветков на отцовских компонентах для опыления материнских растений. Гибридизацию начинали через три недели после первой обработки растений. На тот момент на растениях уже имелись мужские цветки.

На растениях линии L270 после проведения обработок образуются многочисленные пучки из мелких мужских цветков. Соотношение отцовских и материнских растений для размножения L270 можно брать 1:5, что существенно экономит площадь под размножение данной линии за счет посадки меньшего количества растений отцовской формы, в результате снижается себестоимость ее семеноводства.

В результате обработок фитогормонами пола у растений линий L226, L254 и L267 образуется достаточное количество крупных мужских цветков в букетах и одиночно расположенных. Только в отличие от L270, у этих линий при организации семеноводства оптимальным является посадка отцовских и женских компонентов 1:3 или 1:4.

### Заключение

Таким образом, благодаря использованию методов молекулярного маркирования, из гибридного коллекционного материала с использованием инцукта и парных скрещиваний, индивидуальных отборов был получен новый линейный материал огурца. При этом в качестве генетической основы создания линий огурца в селекционный процесс, на наш взгляд, перспективно включать гетерозисные гибриды различного географического происхождения с разной длиной плода и проводить их предварительное скрещивание (рис. 3). Ввиду сложного взаимодействия аллелей генов, определяющих

размеры плода, в расщепляющихся гибридных популяциях после инцуктирования появляются формы с различной длиной плодов при слабом доминировании мелкоплодности. В данном случае были получены L226, L254, L267 – короткоплодные линии, устойчивые к *Pm* и *ZYMV*. А в  $I_{6-8}$  были выделены перспективные линии с длиной плода 16-18 см.

Следует отметить и эффективный способ получения линейного материала из расщепляющихся потомств от инцуктирования растений гибридной популяции, исходно обладающей комплексом необходимых признаков (рис. 2). Таким способом была получена в  $F_6$ -поколении короткоплод-

ная линия L270, устойчивая к *Pm*. В результате напряженно-го отбора с использованием двух культурооборотной схемы выращивания селекционного материала (зимне-весенний и летне-осенний) в среднем за пять-семь оборотов удалось выделить короткоплодные партенокарпические семы с женским типом цветения, генетическим отсутствием горечи, устойчивостью к заболеваниям и высокой комбинационной способностью по продуктивности. Два полученных гибрида с их участием  $F_1$  Министар и  $F_1$  Промини в 2020 году были внесены в Государственный реестр селекционных достижений на территории РФ.

#### Об авторах:

**Нина Николаевна Хомченко** – аспирант, научный сотрудник, автор для переписки, nina.khomchenko1001@yandex.ru  
**Валерий Николаевич Шевкунов** – кандидат с.-х. наук, vshevkunov@mail.ru  
**Валерий Николаевич Муляр** – аспирант, научный сотрудник, mulyarvalerii@mail.ru  
**Иван Сергеевич Плужник** – аспирант, научный сотрудник, Plu.IVAN@mail.ru  
**Алексей Викторович Курепин** – научный сотрудник, kuralek@mail.ru

#### About the authors:

**Nina N. Khomchenko** – Graduate Student, Researcher, Correspondence Author, nina.khomchenko1001@yandex.ru  
**Valery N. Shevkunov** – Cand. Sci. (Agriculture), vshevkunov@mail.ru  
**Valery N. Muliar** – Graduate Student, Researcher, mulyarvalerii@mail.ru  
**Ivan S. Pluzhnik** – Graduate Student, Researcher, Plu.IVAN@mail.ru  
**Alexey V. Kurepin** – Researcher, kuralek@mail.ru

#### • Литература

1. Домбладес Е.А., Шмыкова Н.А., Белов С.Н., Коротцева И.Б., Солдатенко А.В. Получение DH-растений огурца (*Cucumis sativus* L.) в культуре неопыленных семяпочек *in vitro*. *Овощи России*. 2019;(6):3-9. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2019-6-3-9>
2. Коротцева И.Б., Белов С.Н. Оценка рассады огурца на устойчивость к полеганию по длине подсемядольного колена. *Овощи России*. 2020;(5):16-21. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2020-5-16-21>
3. Alsadon A. et al. The effects of plastic greenhouse covering on cucumber (*Cucumis sativus* L.) growth. *Ecological Engineering*. 2016;(87):305-312. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2015.12.005>
4. Карпухин М.Ю., Юрина А.В., Кривобоков В.И. Селекция, семеноводство и технология выращивания огурца (*Cucumis sativus* L.) в условиях мало-объемной гидропоники в защищенном грунте. Екатеринбург: Уральский государственный аграрный университет, 2019. 50 с.
5. Гребнева Ю.Р. Гибриды огурца в условиях защищенного грунта осенне-зимнего оборота. *Современные аспекты производства и переработки сельскохозяйственной продукции*. 2018. С.279-282.
6. Che G., Zhang X. Molecular basis of cucumber fruit domestication. *Current Opinion in Plant Biology*. 2019;(47):38-46. <https://doi.org/10.1016/j.pbi.2018.08.006>
7. Козарь Е.Г., Ветрова С.А., Енгалычева И.А., Федорова М.И. Оценка устойчивости селекционного материала свеклы столовой к церкоспорозу на фоне эпифитотии в условиях защищенного грунта Московской области. *Овощи России*. 2019;(6):124-132. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2019-6-124-132>
8. Козловская Е.А., Пышная О.Н., Мамедов М.И., Джос Е.А., Митрофанова О.А. Внутрисортовые скрещивания как метод повышения адаптивного потенциала исходного материала. *Овощи России*. 2017;(5):18-20. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2017-5-18-20>
9. Есаулко Н.А., Романенко Е.С. Сравнительная оценка гибридов огурца в условиях защищенного грунта. *Современные аспекты производства и переработки сельскохозяйственной продукции*. 2017. С.798-801. eLIBRARY ID: 2895413
10. Шуляк Е.А., Горюховский В.Ф. Селекция партенокарпических гибридов огурца на качество зеленца. *Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии*. 2016;5(57):37-43.
11. Ene C.O. et al. Studies of phenotypic and genotypic variation in sixteen cucumber genotypes. *Chilean journal of agricultural research*. 2016;76(3):307-313. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-58392016000300007>
12. Ли Янь Хуа. Селекционно-генетическая оценка количественных признаков огурца. Автореф. Дис. канд. с.-х. наук. Санкт-Петербург, 1996. 16 с.
13. Wang Y. et al. Staygreen, stay healthy: a loss-of-susceptibility mutation in the staygreen gene provides durable, broad-spectrum disease resistances for over 50 years of US cucumber production. *New Phytologist*. 2019;221(1):415-430. <https://doi.org/10.1111/nph.15353>
14. Тараканов Г.И. Селекция овощных культур на повышение продуктивности. Селекция продуктивных сортов. М., 1986. С.43-62.
15. Методические указания по проведению сортопытания сельскохозяйственных культур. М.: «Агропромиздат», 1979. 35 с.
16. Методические указания по селекции и семеноводству гетерозисных гибридов огурца. 1985.
17. Хомченко Н.Н., Шевкунов В.Н. Современный сортимент огурца с гладким типом плода как исходный материал для селекции. *Овощи России*. 2020;(3):10-20. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2020-3-10-20>
18. Хомченко Н.Н., Будылин М.В., Гавриш С.Ф. Оценка родительских линий огурца и гибридов  $F_1$  на устойчивость к болезням при помои маркер-опосредованной селекции на платформе ПЦР в реальном времени. *Труды Кубан. гос. аграр. ун-та*. 2018;3(72):63-368. DOI: 10.21515/1999-1703-72-363-368
19. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта, М.: «Колос», 1985. 423 стр. [reestr.gossostrf.ru](http://reestr.gossostrf.ru) (In Russ.)

#### • References

1. Domblides E.A., Shmykova N.A., Belov S.N., Korottseva I.B., Soldatenko A.V. DH-plant production in culture of unpollinated ovules of cucumber (*Cucumis sativus* L.). *Vegetable crops of Russia*. 2019;(6):3-9. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2019-6-3-9>
2. Korottseva I.B., Belov S.N. Studying the length of the hypocotyl of cucumber seedlings. *Vegetable crops of Russia*. 2020;(5):16-21. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2020-5-16-21>
3. Alsadon A. et al. The effects of plastic greenhouse covering on cucumber (*Cucumis sativus* L.) growth. *Ecological Engineering*. 2016;(87):305-312. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2015.12.005>
4. Karpukhin M.Yu., Yurina A.V., Krivobokov V.I. Breeding, seed production and cultivation technology of cucumber (*Cucumis sativus* L.) in low-volume hydroponics in protected ground. 2019. Yekaterinburg: Ural State Agrarian University, 2019. 50 p. (In Russ.)
5. Grebneva Yu.R. Cucumber hybrids in the protected ground of autumn-winter turnover. *Modern aspects of production and processing of agricultural products*. 2018. P.279-282. (In Russ.)
6. Che G., Zhang X. Molecular basis of cucumber fruit domestication. *Current Opinion in Plant Biology*. 2019;(47):38-46. <https://doi.org/10.1016/j.pbi.2018.08.006>
7. Kozar E.G., Vetrova S.A., Engalycheva I.A., Fedorova M.I. Evaluation of the resistance of the breeding material beetroot to *Cercospora* amid epiphytoty in greenhouses the Moscow region. *Vegetable crops of Russia*. 2019;(6):124-132. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2019-6-124-132>
8. Kozlovskaya E.A., Pyshnaya O.N., Mamedov M.I., Djos E.A., Mitrofanova O.A. Intra-varietal crossing as method to improve adaptation characteristics in initial breeding accessions. *Vegetable crops of Russia*. 2017;(5):18-20. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2017-5-18-20>
9. Esaulko N.A., Romanenko E.S. Comparative evaluation of cucumber hybrids in protected ground conditions. *Modern aspects of production and processing of agricultural products*. 2017. P.798-801. (In Russ.)
10. Shulyak E.A., Gorokhovskii V.F. Selection of parthenocarpic cucumber hybrids concerning the quality of cucumber buttons. *Vestnik Bryanskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii*. 2016;5(57):37-43. (In Russ.)
11. Ene C.O. et al. Studies of phenotypic and genotypic variation in sixteen cucumber genotypes. *Chilean journal of agricultural research*. 2016;76(3):307-313. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-58392016000300007>
12. Lee Yan Hua. Breeding and genetic assessment of quantitative characteristics of cucumber. St. Petersburg, 1996. 16 p. (In Russ.)
13. Wang Y. et al. Staygreen, stay healthy: a loss-of-susceptibility mutation in the staygreen gene provides durable, broad-spectrum disease resistances for over 50 years of US cucumber production. *New Phytologist*. 2019;221(1):415-430. <https://doi.org/10.1111/nph.15353>
14. Tarakanov G.I. Selection of vegetable crops to increase productivity / Sat. "Breeding of productive varieties". M., 1986. P.43-62. (In Russ.)
15. Guidelines for conducting variety testing of agricultural crops. Moscow: Agropromizdat, 1979. 35 p. (In Russ.)
16. Guidelines for breeding and seed production of heterotic cucumber hybrids. 1985. (In Russ.)
17. Khomchenko N.N., Shevkunov V.N. Modern cucumber sortiment with a smooth type of fruit as an original material for selection. *Vegetable crops of Russia*. 2020;(3):10-20. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2020-3-10-20>
18. Khomchenko N.N., Budylin M.V., Gavrilish S.F. Evaluation of parent lines and  $F_1$  hybrids of cucumber for diseases resistance by marker-assisted selection on the real-time PCR platform. *Trudy Kubanskogo GAU*. 2018;3(72):63-368. (In Russ.) DOI: 10.21515/1999-1703-72-363-368
19. Dospekhov B.A. Methods of field experience, M.: "Kolos", 1985. 423 p. (In Russ.)
20. reestr.gossostrf.ru (In Russ.)