

УО «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции
и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия»,
г. Горки, Республика Беларусь, 213407

ГНУ «Институт генетики и цитологии НАН Беларуси»
г. Минск, Республика Беларусь, 220027

(Поступила в редакцию 02.04.2025)

В статье представлены результаты исследований, направленные на оценку влияния сроков опыления стерильных форм томата черри на процент завязываемости и среднюю массу плода, и их семенную продуктивность. В эксперименте анализировались пять стерильных линий (19/2-3, 19/2-1, 19/1-4, 19/1-3, 19/1-1) при различных временных интервалах в двух вариантах. Основными параметрами были: завязываемость плодов, масса плода, количество семян в плоде и в расчете на 1 кг плодов, оценка степени гибридности семян. При оценке 2–4 кистей максимальная завязываемость плодов (до 100 %) отмечалась у образцов 19/2-1 и 19/1-1, при этом масса плода достигала 48 г, а количество семян варьировало от 26 до 63 шт. Анализ 5–7 кистей установил завязываемость 95% (образец 19/1-1 на этапе 48 часов после фазы желто-зеленого бутона) с массой плодов до 54 г (образец 19/2-3). Наибольшая семенная продуктивность зарегистрирована у образца 19/1-4 – 2626 шт/кг.

Сравнительный анализ данных для 2–4 и 5–7 кистей продемонстрировал сходные тенденции в зависимости от времени опыления, но на более поздних кистях отмечена меньшая масса плодов и их семенная продуктивность. Результаты исследования подчеркивают значимость выбора оптимальных условий опыления для повышения урожайности и качества томатов. Предложена упрощенная технология получения гибридных семян на основе материнских форм с функциональной мужской стерильностью и маркерным признаком «картофельный лист», включающая опыление цветков без предварительной кастрации с изоляцией и маркировкой цветков. Установлен оптимальный срок опыления цветков 2–4 кистей – это через 24–48 часов после фазы желто-зеленого бутона, для цветков 5–7 кистей – через 48–96 часов.

Ключевые слова: томат черри, гибрид, защищенный грунт, осеменённость, степень гибридности семян, функциональная мужская стерильность.

The article presents the results of studies aimed at assessing the effect of pollination timing of sterile cherry tomato forms on the percentage of fruit set and average fruit weight, and their seed productivity. In the experiment, five sterile lines (19/2-3, 19/2-1, 19/1-4, 19/1-3, 19/1-1) were analyzed at different time intervals in two variants. The main parameters were: fruit set, fruit weight, number of seeds in the fruit and per 1 kg of fruit, assessment of the degree of seed hybridity. When assessing 2–4 clusters, the maximum fruit set (up to 100 %) was observed in samples 19/2-1 and 19/1-1, while the fruit weight reached 48 g, and the number of seeds varied from 26 to 63 pcs. Analysis of 5–7 clusters revealed a fruit set of 95% (sample 19/1-1 at the stage of 48 hours after the yellow-green bud phase) with a fruit weight of up to 54 g (sample 19/2-3). The highest seed productivity was recorded for sample 19/1-4 – 2626 pcs/kg. Comparative analysis of data for 2–4 and 5–7 clusters demonstrated similar trends depending on the pollination time, but lower fruit weight and seed productivity were noted on later clusters. The results of the study emphasize the importance of choosing optimal pollination conditions to increase the yield and quality of tomatoes. A simplified technology for obtaining hybrid seeds based on maternal forms with functional male sterility and the marker trait "potato leaf" is proposed, including pollination of flowers without preliminary castration with isolation and marking of flowers. The optimal pollination period for flowers of 2–4 clusters has been established – this is 24–48 hours after the yellow-green bud phase, for flowers of 5–7 clusters – in 48–96 hours.

Key words: cherry tomato, hybrid, protected ground, insemination, degree of seed hybridity, functional male sterility.

Производство достаточного количества гибридных семян возможно лишь при разработке эффективных методов скрещивания. Обычно при работе с томатом последовательно выполняются следующие манипуляции кастрация цветков на стадии желто-зеленого бутона, затем опыление через 12 часов, повторное опыление – на 2–3 сутки [1, 2]. Однако такой технологический процесс отличается высокой трудоемкостью, так как включает кастрацию, изоляцию и маркировку цветков, что увеличивает себестоимость гибридных семян [3].

Снизить себестоимость гибридных семян позволяет перевод материнских форм на стерильную основу, что позволит более чем в 10 раз сократить затраты ручного труда [4].

В период с 1995 по 1997 годы М. М. Добродькин в УО БГСХА провел исследования биологии цветения и размножения партенокарпических форм томата, содержащих гены ФМС и маркерный признак «картофельный лист». Результаты подтвердили возможность получения гибридных семян по упрощенной технологии [5, 6]. В 2019 году УО БГСХА на кафедре сельскохозяйственной биотехно-

логии, экологии и радиологии, в сотрудничестве с Институтом генетики и цитологии Национальной академии наук Беларуси, были созданы формы томата черри с функциональной мужской стерильностью (ФМС) и маркерным признаком «картофельный лист» с целью использования их в селекции томата черри. Для эффективного использования стерильных форм в семеноводстве гибридов необходимо изучить их биологию цветения и семенную продуктивность.

По мнению селекционеров, старение растений и использование линий в течение ряда лет, стерильность может снижаться, [6, 9] поэтому нельзя утверждать о стопроцентной гибридности семян, полученных на основе ФМС. Исходя из этого необходимо уметь отличить самоопыленные семена от гибридных. В данном случае подтверждается важность наличия у стерильных форм маркерных признаков.

И. В. Узун с другими авторами [7, 8] выявили, что степень стерильности определяется процентом завязавшихся плодов от свободного опыления. На этот показатель у линий томата с ФМС влияют, как особенности генотипа, так и условия выращивания. Например, при температуре выше 35 °С может происходить самопроизвольное растрескивание пыльников. У различных линий функциональная мужская стерильность выражена в разной степени, что следует учитывать при скрещивании.

Целью исследования являлось изучение особенностей гибридизации линий томата черри с функциональной мужской стерильностью.

Научно-исследовательская работа проводилась в 2021–2023 гг. в защищенном грунте на опытном поле кафедры сельскохозяйственной биотехнологии, экологии и радиологии УО БГСХА.

Эксперимент включал два варианта, различающихся месторасположением кистей и сроками опыления растений. Первый вариант предполагал опыление цветков, находящихся на 2–4 кистях и последующее их опыление без предварительной кастрации в разные фазы развития цветка, начиная с фазы жёлто-зелёного бутона и через определенные интервалы времени – 12, 24, 36, 48, 60 и 72 часа. Второй вариант предполагал расширение сроков опыления цветков на 5–7 кистях, с интервалом 24, 48, 72, 96, 120, 144 часа. Объектом изучения являлись линии с функциональной мужской стерильностью и маркерным признаком «картофельный лист» – Линия 19/2-3; Линия 19/2-1; Линия 19/2-3; Линия 19/1-4; Линия 19/1-3; и Линия 19/1-1. Маркерный признак «картофельный лист» обусловлен наличием рецессивного гена «с», что позволяет провести анализ степени гибридности семян, полученных без предварительной кастрации в стадии сеянцев. При появлении у сеянцев настоящего листа гибридные растения F₁ будут иметь доминантный признак «томатный лист», а самоопыленные (негибридные) – картофельный лист, которые выбраковываются при пикировке как негибридные. Исходя из вышесказанного, мы можем установить оптимальный срок опыления стерильных форм томата черри, а также долю участия собственной пыльцы изучаемых линий при получении гибридных семян без предварительной кастрации.

Анализируя данные первого варианта (рис. 1.), высокая завязываемость плодов (90–100 %) отмечена у линий 19/2-1 и 19/1-1 при опылении через 24–36 часов. Линия 19/1-3 имела наименьшую завязываемость (35–70 %) в первом и втором вариантах опыта. Наибольшая масса плодов отмечена у линии 19/2-1 (47 г) и линии 19/2-3 (46 г) при опылении через 36 и 24 часа соответственно. Линия 19/1-4 характеризовалась самой низкой массой плода (29–33 г). По признаку «количество семян в одном плоде» линии формировали в среднем от 32 до 65 семян в одном плоде. По количеству семян в расчете на 1 кг плодов, наибольшее количество семян отмечено у Линия 19/1-1 (1922 шт.) и Линия 19/1-3 (1778 шт.) через 36 ч после фазы желто-зеленого бутона.

Во втором варианте опыта (рис. 2) наибольшая завязываемость плодов (85–95 %) наблюдалась у линий 19/1-1 и 19/1-4 при опылении через 48–72 часа. Линия 19/2-1 показала стабильную завязываемость (75–90 %) с пиком (80 %) через 24 часа. Линия 19/2-3 и 19/1-3 имели сравнительно низкий процент завязываемости (40–80 %). Наибольшая масса плодов отмечена у линии 19/2-3 (до 54 г) при опылении через 48 часов. Линия 19/2-1 также показала высокий показатель (до 52 г), при опылении через 144 часа. Линия 19/1-4 имела самые низкие показатели массы плода (25–29 г). Линия 19/1-1 продемонстрировала умеренные средние значения массы плода (27–39 г), максимальная масса плода зафиксирована через 24 часа.

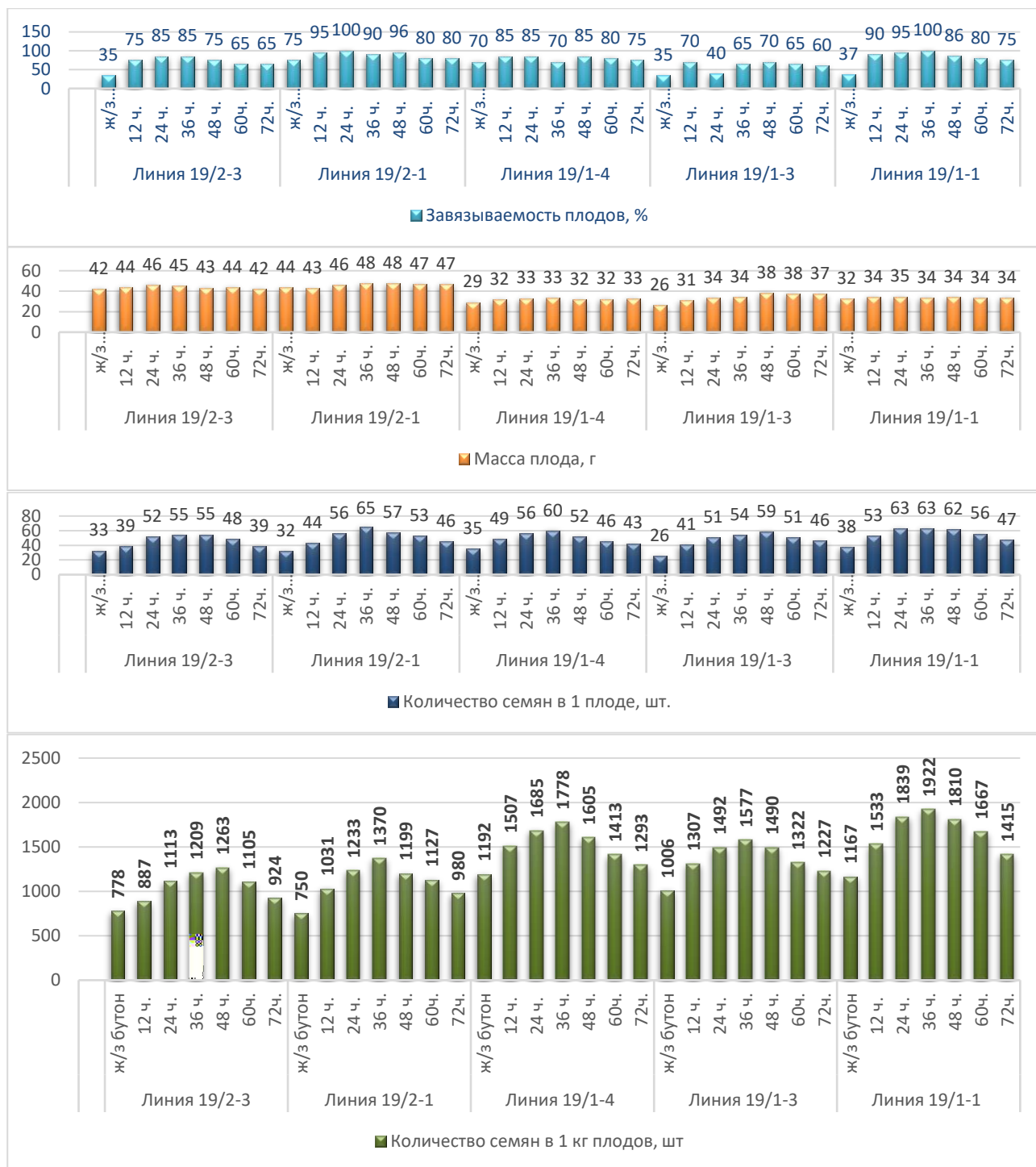


Рис. 1. Основные признаки изучения биологии цветения и форм линий томата с ФМС (2–4 кисть)

По количеству семян в одном плоде Линия 19/2-1 и Линия 19/2-3 показали наибольшее количество семян в плоде значение до 102 штук. У Линии 19/1-4 количество семян стабильно высокое и составило 51–77 штуки, особенно при опылении цветков через 72 часа после начала фазы желто-зеленого бутона. Плоды Линии 19/1-3 характеризовались количеством семян на уровне 31–67 штук. У Линии 19/1-1 плоды имели от 30 до 71 семян, с пиком через 72–96 часа.

По количеству семян в 1 кг плодов Линия 19/1-4 показала наибольшие значения, которые составили количество семян на килограмм плодов (до 2626 штук), что свидетельствует о высокой семенной продуктивности. Линия 19/2-3 также продемонстрировала высокие значения изучаемого показателя - до 2007 штук. У Линии 19/1-3 установлено имела наименьшее количество семян в 1 кг плодов, которое составило 932–1919 штук. Линия 19/1-1 и 19/2-1 продемонстрировала стабильные средние результаты (1151–1961 и 840–1925 штук соответственно). Установлен оптимальный срок опыления цветков без кастрации в первом варианте опыта 24–48 часов после фазы желто-зеленого бутона для

всех изучаемых Линий. Во втором варианте оптимальный срок опыления составил 48–96 часов после фазы желто-зеленого бутона.



Рис. 2. Основные Признаки изучения биологии цветения и форм линий томата с ФМС (5–7 кисть)

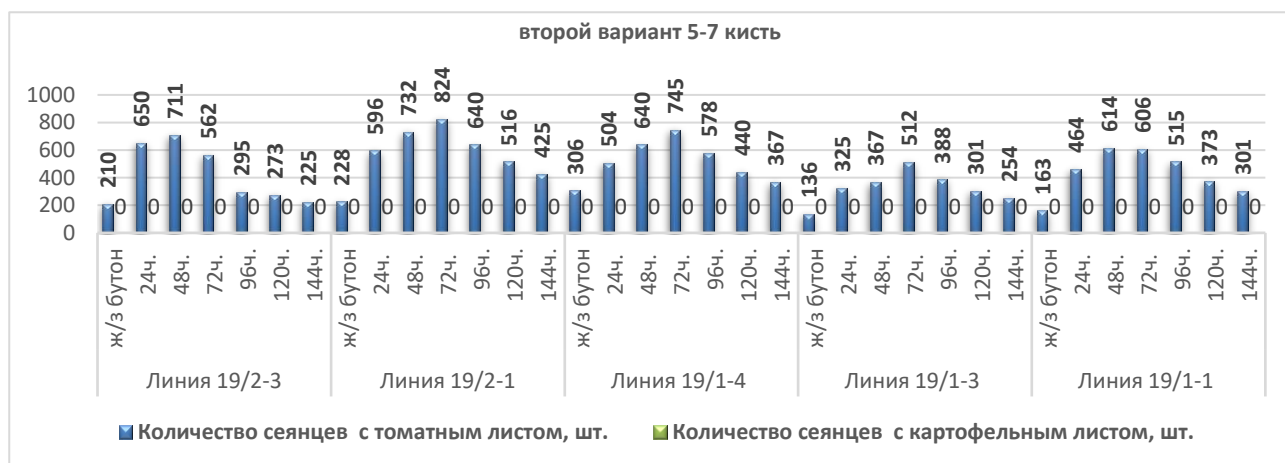
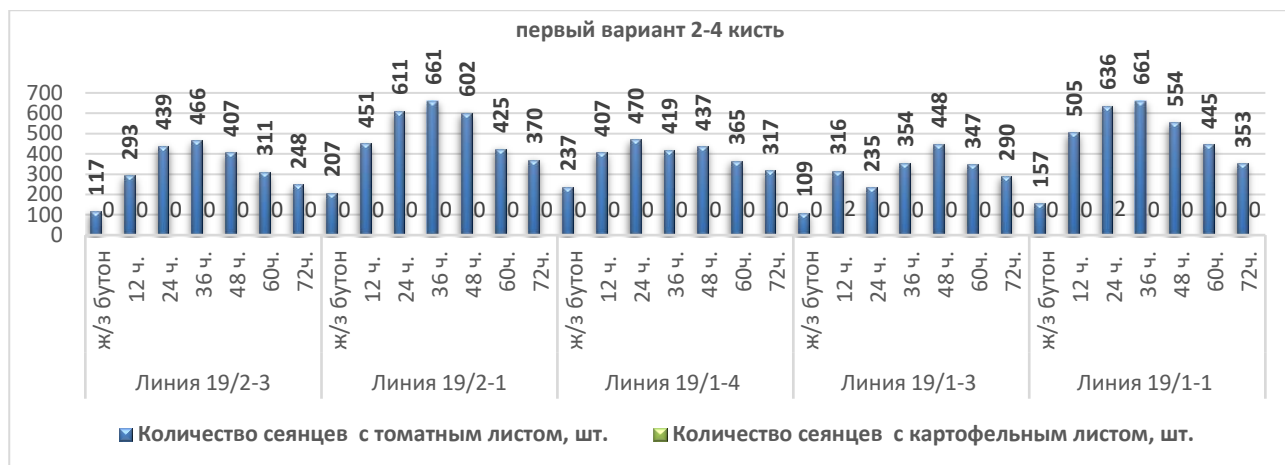


Рис. 3. Оценка степени гибридности семян форм томата черри с ФМС

Результаты оценки степени гибридности семян F_1 томата черри по сеянцам представлены на рис. 3. В первом варианте опыта на 2–4 кисти у большинства линий самоопыление (с картофельным листом) отсутствует, за исключением Линии 19/1-3 (2 шт. через 12 часов) и Линии 19/1-1 (2 шт. через 24 часа), количество самоопыленных растений не превышало 1 %. Линии 19/2-3, 19/2-1 и 19/1-4 демонстрировали стабильную гибридность без случаев самоопыления во всех вариантах опыта. Во втором варианте опыта на 5–7 кисти самоопыление с картофельным листом отсутствует у всех линий.

Результаты исследований доказывают возможность получения гибридных семян по упрощенной технологии, производя лишь опыление цветков, не прибегая к заблаговременной кастрации, маркировке отдельных цветков и изоляции, что дает возможность сократить затраты ручного труда и необходимых для гибридизации материалов при традиционной технологии.

Каждая из линий имеет свои преимущества в зависимости от анализируемого параметра. Линия 19/2-3 и Линия 19/2-1 обладали высокой завязываемостью, формировали крупные плоды с большим количеством семян, что делает их перспективными для гибридизации не только при получении гибридов мелкоплодных, но более крупноплодных форм томатов. Линия 19/1-4 имела максимальное количество семян в 1 кг плодов. Линия 19/1-1 показала стабильные результаты по завязываемости и количеству семян.

Установлен оптимальный срок опыления цветков без кастрации в первом варианте опыта 24–48 часов после фазы желто-зеленого бутона для всех изучаемых Линий. Во втором варианте оптимальный срок опыления составил 48–96 часов после фазы желто-зеленого бутона.

Наличие маркерного признака «картофельный лист» у материнских форм и их высокая стерильность позволили не изолировать цветки и не маркировать гибридные плоды, что дало возможность сократить рабочее время и материалы при гибридизации. Низкий выход негибридных сеянцев подтверждает предположение о незначительном участии собственной пыльцы при формировании гибридных плодов. Негибридные растения с «картофельным листом» выбраковываются при появлении первого настоящего листа у сеянцев.

Отработана упрощенная технология получения гибридных семян томата черри на основе материнских форм с функциональной мужской стерильностью и маркерным признаком «картофельный лист», включающая опыление цветков без предварительной кастрации, изоляции и маркировки цветков и позволяющая отказаться от традиционной технологии с заблаговременной кастрацией, изоляцией и маркировкой цветков.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гавриш, С. Ф. Разработка технологии и внедрение в производство гибридного семеноводства томата // Пути внедрения интенсивного земледелия и пром. технологий в овощеводстве: Тез. докл. Всесоюз. науч.-техн. конф. / С. Ф. Гавриш, Е. Н. Андреева. – М., 1991. – С. 47–49.
2. Добродькин, М. М. Партенокарпия и функциональная мужская стерильность (ФМС) в гетерозисной селекции томата / М. М. Добродькин // Селекция и семеноводство овощных культур в XXI веке: Материалы междунар. науч.-практ. конф. – М., 2000. – С. 226–230.
3. Новицкий, А. И. Биология цветения и размножения болгарских форм томата с функциональной мужской стерильностью / А. И. Новицкий, А. В. Кильчевский, М. М. Добродькин // Весці НАН Беларусі. Сер. біял. навук. – 2000. – №1 – С. 32–35.
4. Применение функциональной мужской стерильности в производстве гибридных семян / А. И. Новицкий, М. М. Добродькин, Ю. А. Кнышев, Д. А. Кильчевская // Сельскохозяйственная экология и биотехнология: сб. науч. тр. – Горки, 1997. – С. 14–20.
5. Добродькин, М. М. Создание партенокарпических гетерозисных гибридов томата для пленочных теплиц на основе функциональной мужской стерильности: автореф. дис. канд. с.-х. наук 06.01.05 / М. М. Добродькин; Белорус. с.-х. акад. – Горки, 2004. – 18 с.
6. Агапов, А. С. Использование стерильных линий в селекции тепличных томатов / А. С. Агапов // Генотип и среда в селекции тепличных томатов: Материалы совещ. рабочей группы по томатам (Ленинград, 16–20 мая 1978 г.) / ЕУКАРПИА, Селекция овощных культур. – Л.: ВИР, 1978. – С. 36–40.
7. Узун, И. В. Создание гибридов томата на основе материнских форм с функциональной мужской стерильностью. Овощи России. 2016;(1):24-28. – URL: <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2016-1-24-28>.
8. Узун, И. В. Изучение функциональной мужской стерильности у томата и методы ее определения / И. В. Узун // Селекция на адаптивность и создание нового генофонда в современном овощеводстве (VI Квасниковские чтения). Междун. научно – практ. конф. (8 августа 2013 г.). Материалы докладов, сообщений. ВНИИ. – М.: Изд –во ООО «Полиграф – Бизнес». –2013. – С. 321–324.
9. Генетические основы селекции растений: в 4 т. / науч. ред. А. В. Кильчевский, Л. В. Хотылева. – Минск: Беларус. навука, 2020. – Т. 2: Частная генетика растений. – С. 483–571.