

УДК 635.9

UDC 635.9

4.1.2. Селекция, семеноводство и биотехнология растений (биологические науки)

4.1.2. Plant breeding, seed production and biotechnology (biological sciences)

ФИЛЛОДИИ У РАСТЕНИЙ – ИСТОРИЯ ВОПРОСА И НОВЫЕ ПЕРСПЕКТИВЫ**PHYLLODES IN PLANTS – HISTORY OF THE ISSUE AND NEW PERSPECTIVES**

Цаценко Людмила Владимировна
д-р. биол. наук, профессор, кафедра генетики, селекции и семеноводства
SPIN-код: 2120-6510, AuthorID: 94468
<https://orcid.org/0000-0003-1022-1942>
lvt-lemna@yandex.ru

Tsatsenko Luidmila Vladimirovna
Dr.Sci.Biol., professor,
Chair of genetic, plant breeding and seeds
RSCI SPIN-code: 2120-6510, AuthorID: 94468
<https://orcid.org/0000-0003-1022-1942>
lvt-lemna@yandex.ru

Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, Россия, Краснодар 350044, Калинина 13

“Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin”, Krasnodar 350044, Kalinina 13, Russia

Филлодия представляет собой явление, при котором растение развивает структуры, похожие на листья, вместо цветков. Такое состояние еще называют пролиферацией. Зачастую данное отклонение считается патологическим процессом, вызванным заражением фитоплазмой или вирусом. Это нарушение способно привести к снижению плодовитости растений вплоть до полного бесплодия. В работе рассмотрено явление филлодий на подсолнечнике, черешне, розе и зеленых овощах. Было установлено, что благодаря этому эффекту филлодии увеличивается срок сбора урожая некоторых культур, включая зеленые овощи, который иногда удлиняется на дни, недели или месяцы. Поэтому данная техника применяется для производства стерильных растений. Процесс может затронуть частично отдельные участки растения или распространяться тотально, превращая все элементы цветов в листья. На сегодняшний день идентифицировано примерно шестнадцать разных рибосомальных группировок возбудителей, способствующих возникновению данного явления среди овощных культур. Факторами риска появления филлодии выступают условия внешней среды, влияющие на баланс растительных гормонов. Новые перспективы видятся в том, что более глубокое изучение феномена позволит расширить возможности агротехнологий и создать новые инструменты повышения урожайности сельскохозяйственных культур

Phyllody is a phenomenon in which plants develop structures resembling leaves instead of flowers. This condition is also referred to as proliferation. Often this deviation is considered a pathological process caused by phytoplasma or virus infection. The disorder can lead to reduced fertility in plants up to complete sterility. The study examines the phyllody phenomenon in sunflower, cherry, rose and green vegetables. It has been found that due to this effect, the harvest period for some crops including green vegetables may be extended by days, weeks or even months. Therefore, this technique is used to produce sterile plants. The process may affect either individual parts of the plant partially or spread totally converting all flower elements into leaves. To date, approximately sixteen different ribosomal groupings of causative agents have been identified contributing to the occurrence of this phenomenon among vegetable crops. Risk factors for phyllody include environmental conditions affecting the balance of plant hormones. New perspectives are seen in deeper understanding of the phenomenon allowing expansion of agricultural technologies and creation of new tools to increase crop yields

Ключевые слова: ФИЛЛОДИЯ, ФОРМЫ С НАРУШЕННЫМ МОРФОГЕНЕЗОМ, БАЛАНС РАСТИТЕЛЬНЫХ ГОРМОНОВ

Keywords: PHYLLODY, FORMS WITH DISTURBED MORPHOGENESIS, BALANCE OF PLANT HORMONES

<http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-212-031>

Введение. Среди тератных форм у растений выделяют филлодии как аномалию цветка, при которой листовидные структуры заменяют его

<http://ej.kubagro.ru/2025/08/pdf/31.pdf>

органы. Причины появления аномалий цветка могут быть гормоны, работа которых нарушена а также условия окружающей среды, водный стресс, повреждения насекомыми, заражение фитоплазмами и вирусами.

Филлодии были известны давно. Иоганн Вольфганг фон Гёте, немецкий писатель и мыслитель, прославившийся благодаря своему литературному шедевру «Фауст», являлся одновременно весьма прозорливым натуралистом. Еще в 1790 г. он представил описание необычных морфологических изменений цветковых органов роз, отмечая наличие структур, аналогичных побеговым органам растения (рисунок 1). Таким образом им была предложена оригинальная теория, согласно которой отдельные элементы цветка представляют собой адаптивные модификации единой базисной структуры. В частности, автор утверждал следующее: «С равным основанием мы вправе утверждать, что пыльник является сокращенным вариантом лепестка либо наоборот, лепесток представляет собой гипертрофированную форму пыльника; аналогично чашелистик рассматривается нами как метаморфизированная форма листового фрагмента оси растения, находящегося в высокодифференцированном состоянии, тогда как сам лист понимается как увеличенный чашелистик вследствие интенсивного притока питательных веществ» [Engin H., Gokbayrak Z., 2010; Sim S., Rowhani A., Golino D., 2004].

Первоначально это явление получило название пролиферация, позднее, уже в 1869 г., британский ботаник Максвелл Т. Мастерс ввел термин «филлодия» (Phyllody) для обозначения данного феномена в своем фундаментальном труде, посвященном изучению патологической variability растительных форм. Современные исследования в области сравнительной анатомии растений подтвердили верность выводов Гёте, характеризуя указанные органы как гомологичные структуры,

происходящие от общего предкового элемента путем эволюционной дивергенции .



Рисунок 1 – «Пролиферативная роза... чашечка и венчик развиты и расположены вокруг оси, но вместо сжатой розетки с тычинками и стилиями в центре снова поднимается стебель, пестрый с зеленым и красным; на нем последовательно развиваются нераспустившиеся, темно-красные лепестки меньшего размера, на некоторых из которых видны следы пыльников. Стебель продолжает расти, на нем появляются колючки, чередующиеся лепестки продолжают уменьшаться в размерах и наконец превращаются в стеблевые листья, также пестрые с красным и зеленым; образуется ряд правильных узлов, и из их почек вырываются маленькие несовершенные бутоны роз» (курсив принадлежит Гете) Гете, 1790 [Sim S., Rowhani A., Golino D., 2004].

Цель наших исследований является осуществление комплексного анализа феномена атипичного морфологического формирования органов (тератогенез) у представителей различных ботанических семейств,

основываясь на обширном корпусе современных научных статей с целью выявления объективных закономерностей данного явления применительно к растениям хозяйственно значимой категории. Для реализации обозначенной научной задачи предполагается формирование специализированной систематизированной коллекции визуальных образцов растений, демонстрирующих признаки филлодии, проведение поиска и критического осмысления информационных ресурсов, детальное таксономическое описание и верификация полученных иллюстративных материалов, что позволит расширить теоретические представления относительно механизмов нарушения органогенеза у исследуемых объектов растительного мира [Цаценко Л.В, 2016; Цаценко Л.В., Логвинов А.В., 2023].

Материалы и методы. Первоначально для создания коллекции образов вели поиск на сайтах и анализе изображений научных статей, сбор изображений из собственной коллекции тератных форм, которая функционирует с 2015 года. Вся база представлена в программе Power Point с указанием источника и даты обращения.

Методология работы построена на композиции визуального анализа, интерпретации изображения (иконография) и объяснении образа растения [Tsatsenko N., Tsatsenko L, 2024]. Наличие детального изображения растений с филлодией позволяет понять особенности проявления данного нарушения органогенеза у растений, степень распространение в тех или иных регионах, визуальное представление в фотообразах и картинах художников.

Результаты

В работе рассмотрено явление нарушения морфогенеза на подсолнечнике, розе, черешне и листовых овощных. Все культуры разные, принадлежащие различным семействам, с различным использованием, поэтому мы уделяли внимание особенностям проявления филлодий,

причинах их возникновения и дальнейшего понимания целесообразности изучения данной аномалии для растений. Филлодия у подсолнечника (*Helianthus annuus* L.) характеризуется появлением прицветников и лучевых цветков в центре головки. Это явление обсуждается уже несколько десятилетий среди селекционеров и экспертов по подсолнечнику, но четкого «уникального» объяснения ему до сих пор не найдено. Непредсказуемое появление этого явления привело к тому, что его стали считать либо болезнью, либо гибридным дефектом, а растения с филлодией – нетипичными, что вызвало ряд претензий фермеров к производителям семян. Однако градиент ауксинов в растущих головках *Asteraceae* определяет путь дифференцировки недифференцированных клеток, т. е. прицветников и лучевых цветков на краю и дисковых цветков в центре головки. Нарушение естественного градиента ауксинов изменяет дифференцировку клеток в растущих головках и приводит к тому, что прицветники и лучевые цветки растут там, где должны расти только дисковые цветки. Нарушение естественного градиента ауксина в нижней части головки может быть вызвано небольшими повреждениями быстрорастущего светового дна [Alonso L., 2021; Mohammad S., Raof A., 1993].

Процент пораженных филлодией растений в коммерческих посевах в большинстве случаев составляет менее 1%, однако поскольку аномалия бросается в глаза, нередко необоснованные требования фермеров о компенсации ущерба. Однако влияние на урожайность чаще всего незначительно.

Наиболее распространенными причинами филлодии являются повреждение гербицидами и дефицит бора (В), даже временный. Растения, растущие с дефицитом В, имеют хрупкие клеточные стенки и мембраны, в то время как растения с высоким содержанием В производят пластичные или эластичные клеточные стенки и мембраны. Хрупкие клеточные стенки подвержены разрывам во время роста. Генотипы подсолнечника могут реагировать на трещины или небольшие повреждения в бутоне

подсолнечника двумя способами. Некоторые из них склонны восстанавливать повреждения путем отрастания новых органов, таких как язычки или прицветники, и образования филлодии (рисунок 2). Другие листочки не отрастают, а только заживляют рану, создавая форму головки в виде воронки [Kitazawa Y. et al, 2023].

Чаще среди возможных повреждений, приводящих к появлению филлодиц относят: климатические повреждения, такие как холод, физические или химические повреждения, нехватка питательных веществ и генетическая предрасположенность. В течение 1980-х годов линия гибридного подсолнечника демонстрировала различные степени проявления филлодии, а растения с отверстием в центре головки, напоминающим форму воронки, указывали на то, что эти симптомы были различными реакциями на один и тот же индуцирующий фактор [Alonso, 2021]. Другие авторы [Zhang J. et al., 2012] при изучении причин возникновения филлодии у представителей семейства Астровые (подсолнечник и маргаритки), показали, что растительные гормоны ауксины участвуют в деформации головок во всем семействе и указывают на внешний фактор, вызывающий аномальные типы головок. Различные виды аббераций цветков маргариток с наличием брактей и лигулы в центре головки были вызваны применением различных доз ауксинов.



Рисунок 2 – Филлодии у подсолнечника, Краснодар, 2021. Фото Рожковой Э.В.

У розы филлодии проявляются иным образом. Аномалии цветения у растений рода *Rosa*, обусловленные влиянием экзогенных факторов, характеризуются наличием симультанных проявлений нормальных и патологических морфотипов цветов при общем фенотипически здоровом состоянии организма. Возобновление физиологически нормальной динамики роста наблюдается после снижения температуры внешней среды, когда растение переходит к формированию стандартных бутонов. Сорта группы флорибунда (гибридно-полиантовые клумбовые розы) отличаются повышенной восприимчивостью к данному типу нарушения вследствие предполагаемой наследственной детерминации.

Одним из предшественников флорибунд выступает вид *Rosa chinensis* – прародитель знаменитого гибрида «Зеленая роза», характеризующегося стабильной экспрессией гена-мутанта, приводящего к проявлению филлодии во всех цветах (рисунок 3).



Рисунок 3 – Знаменитый гибрид «Зеленая роза», с филлодиями во всех цветках
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=22581891>

У древних китайцев была страсть к розам, и они разработали форму *Rosa chinensis*, называемую *Viridiflora*, где лепестки цветов заменены листьями, чтобы получилась «зеленая» роза. Феномен филлодии искусственно индуцировался экспериментально путем обработки культур синтетическими цитокининами – классом фитогормонов, регулирующих процессы деления клеток и инициации новых почек. Последующее применение производных гиббереллина – регуляторов клеточной пролиферации и удлинения органов, способствовало восстановлению нормального типа цветения.

Изучение сорта *Rosa* × *hybrida* 'Motrea' выявило зависимость частоты проявления данного дефекта от положения почки относительно корней: наиболее часто патология отмечалась в нижней части кроны и у растений с собственной корневой системой, что обусловлено различиями в уровне накопления эндогенных гормонов между аутентичными растениями и культурами, размноженными прививкой [Hilleary R. , 2022].

Интересная работа по розам представлена учеными из Калифорнийского университета в Дэвисе. В своей работе они изучали

проверенную на вирусы коллекцию роз, содержащую более 400 сортов этой культуры. В работе были поставлены ряд вопросов: Чем вызывается филлодия у роз? Является ли это заболеванием или нет? Если это болезнь, может ли она распространяться? Как определить, больны ли розы с симптомами филлодии?

Одной из причин филлодии у многих культурных растений является заболевание, вызываемое фитоплазмами. По-видимому, фитоплазмы, которые обитают в тканях флоэмы зараженных растений, могут оказывать глубокое воздействие на гормональный баланс своих хозяев, влияя на внешний вид листьев, лепестков и других органов. Фитоплазмы - прокариоты, та же группа микробов, что и бактериальные патогены растений, но они отличаются от бактерий тем, что у них нет клеточной стенки. По имеющимся данным, фитоплазмы вызывают более 200 различных заболеваний растений.

У розы часто симптомы заражения фитоплазмой включают сильное увядание. В качестве примера можно привести сообщение из Индии, в котором филлодия роз была предположительно вызвана фитоплазменной инфекцией. В этом случае филлодия наблюдалась в питомнике у нескольких кустов *Rosa bourboniana* «Calciata». Каждый цветок на пораженных кустах был полностью преобразован, и кусты сильно отставали в росте, у них отмирали верхушки и нитевидные листья. Эти симптомы сильно отличаются от симптомов, связанных с физиологической филлодией у роз. Сообщается, что болезнь розовой розетки также вызывает филлодию цветков роз. Розеточная болезнь – это заболевание, передаваемое эриофидным клещом *Phyllocoptes fructiplilus* [Sim S., Rowhani A., Golino D. , 2004].

В 2003 году недавно разработанные методы ПЦР (полимеразной цепной реакции) для выявления фитоплазм были использованы для скрининга сортов роз из коллекции FPS, у которых были обнаружены

симптомы филлодиев. ПЦР как один из типов молекулярного лабораторного теста, который предполагает селективную амплификацию небольшой части уникального генетического кода с помощью специальных ферментов. В данном случае для амплификации выбран генетический код фитоплазмы. Этот тест показывает, присутствуют ли фитоплазмы в растении розы и это можно рассматривать как большой шаг вперед в диагностике фитоплазм, потому что до недавнего времени только сложные биологические тесты и/или трудоемкая электронная микроскопия могли использоваться для определения того, растение заражено фитоплазмами.

Анализ 10 сортов роз с симптомами предполагаемой филлодии показал их отсутствие. Кроме того, эти кусты выглядели здоровыми и хорошо росли. Цветение у этих роз было нормальным. В ходе работы показано, что большинство случаев филлодии роз, по-видимому, связано с физиологической филлодией, которая не является редкостью для садовых роз. Инфицирование роз фитоплазмой встречается относительно редко. Хотя имеются сообщения о заболеваниях роз филлодией, которые могут быть вызваны фитоплазмой, они нечасты, а связь с фитоплазмой плохо документирована.

У черешни филлодия рассматривается как цветочной аномалия, которая описывается как листовидное развитие цветочных органов. Любой цветочный орган, даже завязь, может стать листовидным по форме. Подобная аномалия цветка наблюдалась в садах сладкой вишни (*Prunus avium* L.) или черешни в регионе Чанаккале, Турция. Этот регион является одним из основных районов производства и экспорта сладкой вишни в Турции. Весной 2008 года было обследовано около двадцати садов черешни площадью от 5 до 30 гектаров. Во всех садах наблюдался различный процент цветков черешни без лепестков, тычинок и пестика (от 5 до 100%). В некоторых садах этот феномен был настолько высок, что ни

одно из деревьев не имело ни одного нормально развитого цветка. Эти цветки не имели цветочных органов. В других регионах, Турции, аномальных цветков обнаружено не было. Поражались больше всего сорта Зират и Старкс Голд. Странный вид цветочных почек черешни выделялся на ранней стадии белого бутона. Цветочные почки были примерно одинакового размера и имели звездообразную форму при полном распускании. В роде *Prunus* весь цветок или части цветка, за исключением прицветников, могут переходить в вегетативное состояние. На сегодняшний день существует мало информации о факторах, вызывающих аномальное формирование цветков у черешни [Engin H., Gokbayrak Z., 2010].

Новые перспективы. Филлодия – это частичное или полное развитие вегетативных листовых структур вместо цветочных частей растения. Это состояние также называют филломорфией или фрондесценцией [Yadav P. K., Sharma S., 2021]. Вирескенция, фрондесценция и пролиферация (ведьмина метла) являются тремя основными симптомами заболевания филлодии. Часто этот естественный феномен обозначают как физиологическое расстройство, поскольку оно вызывается фитоплазмой или вирусной инфекцией. Иногда заболевание приводит к частичному или полному бесплодию растений, вследствие чего период экономической продуктивности растений, особенно зеленых листовых овощей, может продлеваться от нескольких дней до недель или даже месяцев. Этот метод может использоваться также для получения стерильных растений. Филлодия может быть частичной, затрагивая лишь некоторые части растения, либо полной, когда все органы цветка заменяются листьями. По всему миру известно около шестнадцати различных рибосомальных групп, которые могут вызывать появление филлодии на овощных культурах. Время проявления филлодии также можно регулировать изменением факторов окружающей среды, приводящих к дисбалансу гормонов

растений. Методика индуцирования филлодии применима в садоводстве, особенно в производстве зеленых листовых овощей и создании декоративных листьев. Если филлодию правильно изучить и провести дополнительные исследования, она станет большим благом для современной науки и фермерства (рисунок 4).

Перспектива представляется еще и в том, что некоторые нелистовые растения можно превратить в листовые овощи, а продолжительность периода зеленых листьев можно продлить путем применения подходящей концентрации регуляторов роста растений (PGR). Необходимо провести расширенные исследования с учетом конкретных параметров. Коллективные и совместные подходы крайне важны для проведения дальнейших исследований и демонстраций среди исследователей, ученых и всех заинтересованных органов власти.



Рисунок 4 – Метод филлодии (phyllody) может найти применение в садоводстве, особенно в производстве зелёных листовых овощей и развитии эстетически привлекательных листьев растений. *Фото Л.В.Цаценко, 2019*

Уникальный образ филлодии запечатлен в картинах современного художника Лорана Грассо. В серии Future Herbarium («Гербарии

будущего») Лорана Грассо маленькие соцветия превращаются в причудливые формы. Нарисованные темперой или маслом цветы изображены как типичные этюды для атласов растений, распространенных в XVIII века. Мутации объединяют историческую эстетику и образы воображаемого будущего, вызывая, по словам парижского художника, «впечатление странности, в котором смешаны красота и тревога» (рисунок 5).

Таким образом, мы рассмотрели историю наблюдения и изучения феномена филлодии на представителях различных видов и семейств растений. В каждом случае это явление индивидуально и уникально. С одной стороны его можно рассматривать как болезнь у растений и тогда это проблема для посевов экономически значимых растений. С другой стороны, на данный момент есть современные методы генетического анализа для определения качества посевного материала на предмет присутствия или отсутствия филлодии. А также есть перспектива использовать технологии по получению зеленных культур с длительным периодом вегетации как новый источник листовых овощей.



Рисунок 5 – Рисунки Лоран Грассо. Из серии Гербарий будущего, 2020

Список использованной литературы:

1. Цаценко, Л. В. Фасциация в природе и эксперименте / Л. В. Цаценко, Д. Л. Савиченко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2016. – № 123. – С. 1785-1799. – DOI 10.21515/1990-4665-123-120.
2. Цаценко, Л. В. Тератные формы растений: подходы и методы изучения / Л. В. Цаценко, А. В. Логвинов. – Краснодар : ООО "Просвещение-Юг", 2023. – 110 с. – ISBN 978-5-93491-946-8.
3. Alonso, Luis Carlos. "Phyllody in sunflowers; 44 years to explain the appearance of aberrant flowers" *Helia*, vol. 44, no. 75, 2021, pp. 155-165. <https://doi.org/10.1515/helia-2021-0004>
4. Engin H., Gokbayrak Z. Phyllody (flower abnormality) in sweet cherry (*Prunus avium* L.). // *The Journal of Animal & Plant Sciences.*–2010. –№ 20(3). – P. 217-219.
5. Hilleary R. Ubiquitin-like behavior of the phytoplasma effector phyllogen causes phyllody in plants.// *The plant cell.* – 2022–N. 34. – P. 1435–1436.
6. Kitazawa Y, Iwabuchi N, Maejima K, Matsumoto O, Suzuki M, Matsuyama J, Koinuma H, Oshima K, Namba S and Yamaji Y (2023) Random mutagenesis-based screening of the interface of phyllogen, a bacterial phyllody-inducing effector, for interaction with plant MADS-box proteins. *Front. Plant Sci.* 14:1058059. doi: 10.3389/fpls.2023.1058059
7. Mohammad S., Raof A. Floral abnormalties tn sunflower // *Helia.* – 1993. – T. 16. – №. 18. – С. 89-92.

8. Sim S., Rowhani A., Golino D. Phyllody in roses //American Rose. – 2004. – Т. 39. – №. 18. – С. 32-34.

9. Yadav P. K., Sharma S. A New vision, on phyllody; curse can be turn into a boon //Academia Letters. – 2021. – С. 2.-7.

10. Tsatsenko N. A., Tsatsenko L. V. Plant Iconography and Interdisciplinary Approach: Evidence Based on Images of Flax Plants in Artworks //International Conference on Innovations in Sustainable Agricultural Systems. – Cham : Springer Nature Switzerland, 2024. – С. 458-467. https://doi.org/10.1007/978-3-031-72556-2_44.

11. Zhang J. Chrysanthemum Cutting Productivity and Rooting Ability Are Improved by Grafting / J. Zhang and et al. // The Scientific World Journal. – 2013. – Т. 2013. – №. 1.– P.1-7. DOI:10.1155/2013/286328.

References

1. Cacenko, L. V. Fasciaciya v prirode i eksperimente / L. V. Cacenko, D. L. Savichenko // Politematicheskij setevoj elektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2016. – № 123. – S. 1785-1799. – DOI 10.21515/1990-4665-123-120.

2. Cacenko, L. V. Teratnye formy rastenij: podhody i metody izucheniya / L. V. Cacenko, A. V. Logvinov. – Krasnodar : ООО "Prosveshchenie-Yug", 2023. – 110 s. – ISBN 978-5-93491-946-8.

3. Alonso, Luis Carlos. "Phyllody in sunflowers; 44 years to explain the appearance of aberrant flowers" Helia, vol. 44, no. 75, 2021, pp. 155-165. <https://doi.org/10.1515/helia-2021-0004>

4. Engin H., Gokbayrak Z. Phyllody (flower abnormality) in sweet cherry (Prunus avium L.). // The Journal of Animal & Plant Sciences, 20(3), 2010, Page: 217-219

5. Hilleary R. Ubiquitin-like behavior of the phytoplasma effector phyllogen causes phyllody in plants.// The plant cell. – 2022–N. 34. – P. 1435–1436.

6. Kitazawa Y, Iwabuchi N, Maejima K, Matsumoto O, Suzuki M, Matsuyama J, Koinuma H, Oshima K, Namba S and Yamaji Y (2023) Random mutagenesis-based screening of the interface of phyllogen, a bacterial phyllody-inducing effector, for interaction with plant MADS-box proteins. Front. Plant Sci. 14:1058059. doi: 10.3389/fpls.2023.1058059

7. Mohammad S., Raof A. Floral abnormalties tn sunflower //Helia. – 1993. – Т. 16. – №. 18. – С. 89-92.

8. Sim S., Rowhani A., Golino D. Phyllody in roses //American Rose. – 2004. – Т. 39. – №. 18. – С. 32-34.

9. Yadav P. K., Sharma S. A New vision, on phyllody; curse can be turn into a boon //Academia Letters. – 2021. – С. 2.-7.

10. Tsatsenko N. A., Tsatsenko L. V. Plant Iconography and Interdisciplinary Approach: Evidence Based on Images of Flax Plants in Artworks //International Conference on Innovations in Sustainable Agricultural Systems. – Cham : Springer Nature Switzerland, 2024. – С. 458-467. https://doi.org/10.1007/978-3-031-72556-2_44.

11. Zhang J. Chrysanthemum Cutting Productivity and Rooting Ability Are Improved by Grafting / J. Zhang and et al. // The Scientific World Journal. – 2013. – Т. 2013. – №. 1.– P.1-7. DOI:10.1155/2013/286328.