

УДК 631(092): 635.646

UDC 631(092): 635.646

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

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

ФЕНОМЕН ФАСЦИИ – ИННОВАЦИОННЫЕ РЕШЕНИЯ В СЕЛЕКЦИИ РАСТЕНИЙ

THE PHENOMENON OF FASCIATION – INNOVATIVE SOLUTIONS IN PLANT BREEDING

Цаценко Людмила Владимировна
д-р. биол. наук, профессор, кафедра генетики,
селекции и семеноводства
lvt-lemna@yandex.ru
SPIN-код: 2120-6510, AuthorID: 94468
<https://orcid.org/0000-0003-1022-1942>
Scopus Author ID: 55952841000

Tsatsenko Luidmila Vladimirovna
Dr.Sci.Biol., professor, Chair of genetic, plant
breeding and seeds
lvt-lemna@yandex.ru
SPIN-code: 2120-6510, AuthorID: 94468
<https://orcid.org/0000-0003-1022-1942>
Scopus Author ID: 55952841000

Мухин Александр Игоревич
магистрант
*Кубанский государственный аграрный университет
имени И.Т. Трубилина, Россия, Краснодар 350044,
Калинина 13*

Mukhin Alexander Igorevich
Master's student
*"Kuban State Agrarian University named after I.T.
Trubilin", Krasnodar 350044, Kalinina 13, Russia*

Настоящая работа посвящена исследованию феномена фасциации растительных организмов. Подробно освещены этиологические аспекты возникновения указанного явления, детально охарактеризованы морфофизиологические проявления различных форм фасциации. Проведен сравнительный анализ существующих определений термина «фасциация», предложены уточнения и дополнения на основе тщательного изучения современного массива научной литературы. Приводится подробное описание экспериментальных подходов к изучению аномалий развития у культурных растений. Обосновано влияние множества естественных факторов окружающей среды, включая биотические воздействия, механические деформации тканей, экстремальные сроки посевной кампании, пространственную плотность растительного покрова, температурные колебания. Отмечено, что природная и антропогенная активность способны индуцировать выраженные случаи физиологической фасциации растений. Отдельное внимание уделено методологическим подходам визуальной идентификации растительных образцов с фасциацией, разработке принципов формирования специализированной базы цифровых изображений поражённых особей и перспективным направлениям обработки указанных материалов методами машинного зрения и компьютерного анализа изображений. Приведены примеры конкретных практик анализа фасциации в селекционных посевах различных экономически значимых растений

This work is devoted to the study of the phenomenon of fasciation in plant organisms. It provides a detailed overview of the aetiological aspects of this phenomenon and a detailed description of the morphophysiological manifestations of various forms of fasciation. A comparative analysis of existing definitions of the term 'fasciation' is provided, and clarifications and additions are proposed based on a thorough study of the current body of scientific literature. A detailed description of experimental approaches to the study of developmental abnormalities in cultivated plants is provided. The influence of a variety of natural environmental factors, including biotic effects, mechanical tissue deformation, extreme sowing dates, spatial density of vegetation cover, and temperature fluctuations, is substantiated. It is noted that natural and anthropogenic activity can induce pronounced cases of physiological fasciation in plants. Special attention is paid to methodological approaches to the visual identification of plant samples with fasciation, the development of principles for the formation of a specialised database of digital images of affected individuals, and promising directions for processing these materials using machine vision and computer image analysis methods. Examples of specific practices for analysing fasciation in breeding crops of various economically important plants are provided

Ключевые слова: МОРФОЗЫ, ФОРМЫ С НАРУШЕНИЕМ ОНТОГЕНЕЗА, АНОМАЛИИ РАЗВИТИЯ, УРОДЛИВАЯ ДЕФОРМАЦИЯ

Keywords: MORPHOSES, FORMS WITH ONTOGENESIS DISORDERS, DEVELOPMENTAL ABNORMALITIES, UGLY DEFORMITIES

<http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-211-019>

Феномен фасциации представляет собой редкую морфологическую аномалию развития растений, характеризующуюся плоскостностью, увеличением поперечника органов и нарушением нормального меристемного деления клеток. Некоторые представители растительного царства, подвергшиеся данному феномену, приобретают особую эстетическую ценность благодаря уникальным визуальным характеристикам, таким как извилистые формы роста у представителей семейства *Cactaceae*. Эти растения демонстрируют причудливое развитие апикальных меристем, приводящее к появлению специфического внешнего вида, иногда похожего на кору головного мозга человека.

Степень выраженности данной патологии варьирует от незначительных изменений до полной трансформации облика растения, утрачивающего внешние признаки своего исходного таксономического статуса. Способность передавать эти необычные фенотипические характеристики посредством вегетативного размножения обуславливает повышенный интерес среди коллекционеров редких форм флоры. Так, отдельные образцы кактусов и других суккулентных видов с фасциацией успешно сохраняются и воспроизводятся через клонирование, становясь устойчивыми сортовыми линиями – культиварами, обозначаемыми оригинальными эпитетами вроде *Monstrosa*, *Cristata* или *Tortulosa*.

Следует отметить различия во временных интервалах формирования фасциаций между различными видами растений, что свидетельствует о наличии генетически детерминированных факторов предрасположенности. Примером служит японский клональный вариант *Salix sachalinensis* 'Sekka', распространяемый методом укорененных черенков, демонстрирующий стабильную экспансию фасцированных стволов у растений. Отдельные

<http://ej.kubagro.ru/2025/07/pdf/19.pdf>

разновидности *Celosia argentea* var. *cristata* целенаправленно разводят ради получения гарантированного проявления данного признака в семенном потомстве, тогда как другие экземпляры, такие как декоративные формы низкорослых голосеменных, проявляют аналогичную патологию, вызывая изменения плотности стеблей и структуры ветвления [Цаценко Л.В., Савиченко Д.Л., 2016].

Цель данной работы в анализе имеющихся данных о явлении фасциации и поиска новых путей ее применения в селекционной практике.

Для достижения поставленной цели был проведен анализ литературы за период с 2015 по 2025 годы и сайтов, посвященных явлению фасциации.

Методология настоящего исследования представляет собой строгое сочетание визуального анализа и аналитического подхода к интерпретации природных объектов с аномальным развитием.

Физиологические нарушения нормального морфогенеза у растений периодически приводят к возникновению уникальных анатомо-морфологических отклонений, получивших название «фасциация». Данная патология характеризуется деформациями, вызванными атипичным развитием апикальных меристем. У здоровых растений развитие клеток апекса осуществляется моноцентрично – исключительно вокруг единственной точки роста, результатом чего является формирование типичного цилиндрического типа стебля. Однако при возникновении патологического процесса (фасциации), наблюдается линейное расширение зоны деления клеток, приводящее к формированию плоского, лентоподобного образования, имеющего характерную гребнеобразную структуру («гребень»). Подобные деформации визуальны выражены преимущественно в области стеблевых структур и соцветий, проявляясь плоскими, листовидными побегами, зачастую с широким веерообразным утолщением на вершине, обусловленным интенсивной пролиферацией боковых меристем. В большинстве случаев эти изменения несут

эстетический интерес для селекционеров декоративных культур благодаря своей необычной форме и иногда даже повышают декоративность сортов, однако с научной точки зрения представляют собой важную патологию, изучение которой позволяет глубже понять механизмы клеточной дифференцировки и развития растений.

Явление фасциации у растений изучено довольно хорошо по многим культурным и дикорастущим растениям, что дано в обзорах Коротцевой И.Б.(2023); Цаценко Л. В., Логвинова А. В., 2023; Майорова С. Н. и др., 2012; Сафонова А. И., Калинина Ю. С., Палагута А. П.(2024), Сафонова А.И. (2024). Рассмотрены причины возникновения фасциации, характер проявления и методология изучения форм с аномалией развития. Следует отметить, что меняется характер определения, появляется расширенная база для трактовки явления фасциации: тераты, «живые скульптуры», морфозы, формы с нарушением онтогенеза, аномалии развития, уродливая деформация.

Причины фасциации разнообразны, но недостаточно хорошо изучены. В некоторых случаях этот неравномерный рост провоцируется инфекцией (бактериями, вирусами или фитоплазмами), питанием насекомыми или другими животными, химическими веществами или механическими повреждениями. Также были отмечены соматические мутации, гормональный дисбаланс и экологические причины, такие как экстремальная погода, но в большинстве случаев фасциация возникает случайно, без видимых причин [Соколов М.С. и др., 1999; Зеленцов С.В. и др., 2014; Цаценко Л.В., Филипчук О.Д., 1997].

Для решения задач селекционной практики к фасциации в последнее время изменилось отношение. На появление растений с аномалиями развития, в том числе и с фасциацией, уделяют внимание. Анализируют причины ее возникновения и планируют дальнейшие шаги, чтобы избежать ее проявления.

Фасциация представляет собой относительно редко встречающееся явление среди современных гибридных сортов кукурузы (*Zea mays* L.), выращиваемых в Соединенных Штатах Америки. Впоследствии другие исследователи также сообщали о сходных проявлениях данного дефекта, получившего название «медвежьих когтей», указывая на взаимосвязь проблемы с особенностями строения генома сладкой кукурузы. Формирование фасцированных метелок, согласно ряду наблюдений, вероятно обусловлено воздействием понижения температурного режима растений в период закладки органов репродуктивной системы, в частности формирующихся початков [Thomison P. R., Elmore R. W., 2022].

Проведенные исследования позволяют выделить ключевые факторы возникновения феномена фасциации кукурузных початков:

1. Генотипические особенности (G) являются определяющими предпосылками восприимчивости конкретного гибрида к формированию аномальной структуры метелки вследствие изменения экспрессии определенных генов, обусловленных взаимодействием факторов среды (E) и агротехнических мероприятий (M).

2. Влияние неблагоприятной внешней среды (E): стрессовые воздействия экологического характера способны усиливать выраженность дефектов структурирования зернового продукта, проявляющихся через нарушение нормального развития тканей в процессе органогенеза [O. A. Orteiz et al. 2023].

3. Специфичные методы хозяйственного управления (M): применение конкретных технологий возделывания культуры может либо провоцировать развитие аномалий, либо наоборот подавлять данное проявление.

Комплексное взаимодействие вышеуказанных компонентов (G×E×M): синергизм между факторами среды, технологией возделывания и

наследственными признаками существенно повышает вероятность образования патологических признаков.

Установлено, что наличие фасцированных початков оказывает негативное влияние на продуктивность сельскохозяйственной культуры, снижая выход товарного зерна и ухудшая качественные характеристики урожая. Глубокое понимание механизмов образования данной патологии и разработка эффективных мер профилактики имеют ключевое значение для обеспечения устойчивости аграрного производства [Цаценко Л.В. и др., 2024].

В качестве примера выступает информационный лист австралийского департамента сельского хозяйства, который кратко рассказывает фермерам о фасциации и что делать с растениями, у которых она обнаружена.

Диагностика фасциации у рапса	
Определение фасциации	Фасциация – это относительно редкое состояние аномального роста точки роста, не имеющее экономического значения для рапса. Сплюснутый ремешковый цветоносный стебель Стручки производят нормальные семена
На что обратить внимание	Отдельные растения с деформированными цветоносными стеблями, которые приобретают уплощенную форму. Цветки и стручки также могут быть деформированы, но продолжают развиваться.
Откуда оно взялось?	У фасциации есть несколько возможных причин, включая гормональные, генетические, бактериальные, грибковые, вирусные и экологические. Фасциация наблюдается чаще у одних сортов рапса, чем у других.
Стратегии управления	Меры по защите посевов не рекомендуется, так как это заболевание или явление встречается относительно редко и, как полагают, вызывает лишь незначительное влияние на урожайность.

	Оно не переносится между сезонами в семенах.
Источник: Western Australia's agriculture and food sector https://www.agric.wa.gov.au/mycrop/diagnosing-fasciation-canola	

Создание информационных листов или брошюр, разъясняющих суть появления растений с отклонениями от нормы, стратегии управления, важно для фермеров и это является примером работы «живых лабораторий», которые затрагивают вопросы производства и бизнеса [Цаценко Н.А. и др., 2024].

Другой пример можно рассмотреть рекомендации Коротцевой И.Б. (2023) о фасциациях у тыквенных. Важным представляется тот факт, что по культуре огурца путем длительных наблюдений сформированы базовые подходы работы с фасциациями у растений и возможность их применения в селекционной практике (таблица).

Таблица – Характеристика явления фасциации для культуры огурца (по Коротцевой И.Б., 2023)

Огурец – базовые позиции ()
1. Фасциация чаще встречается у короткоплодных, чем у длинноплодных форм
2. Чаще встречается на гибридах с букетным типом
3. Определяют рецессивные гены
4. Регулярно отбирая растения с фасциацией, можно увеличить количество семенных камер в плодах тыквенных культур (наследственно может быть закреплено от 3 до 5 тыквин)
5. Плоды с фасциацией выбраковываются

Существует новая трактовка явления фасциации как маркерного признака, т.е. это сигнал о нарушении экологической обстановке, грубое нарушение технологии выращивания сельскохозяйственных растений. Сбор коллекции фотографий, гербарных образцов различных растений расширяет наше представление об этом явлении и дает возможность использовать в разновекторных направлениях. Примером может служить кулинарный интерес, когда фасциация плодов томата легла в основу новых

сортов, например «Лотарингская красавица», с характерным секторированием плода.

На рисунках 1-3 представлены визуальные образы видов семейства тыквенных.

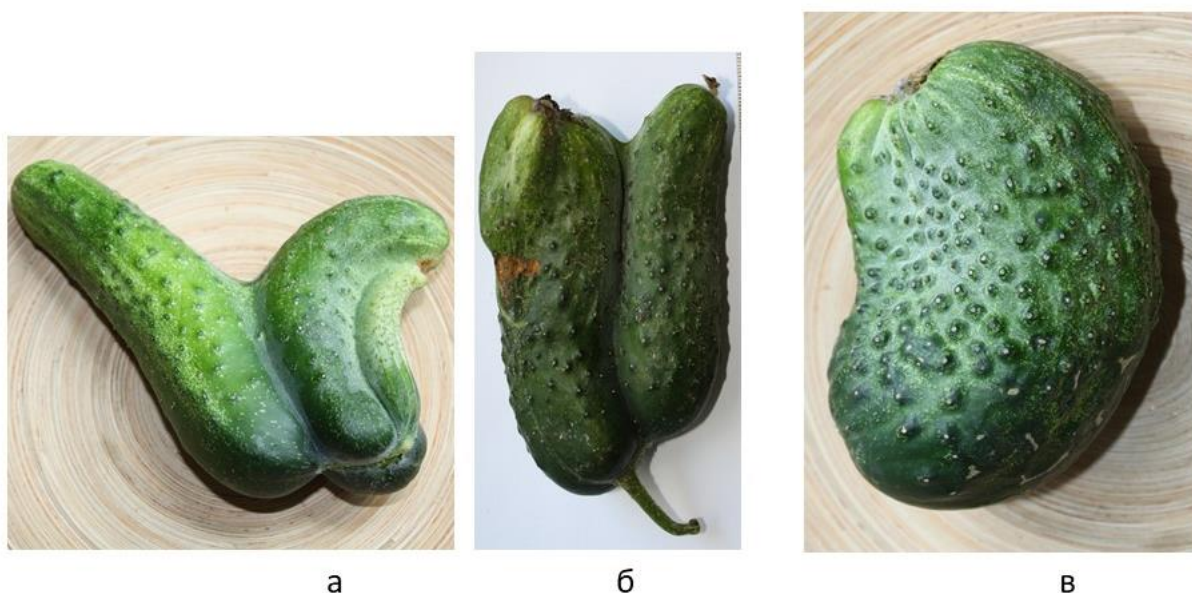


Рисунок 1 – Срастание трех тыквин у огурца: а, б – неравномерное, в – равномерное и такие формы можно включать в селекционную работу по созданию плодов с 3 и 5 тыквинами, которые дают увеличение габитуса (Фото Л.В. Цаценко).



Рисунок 2 – Фасциация у огурца. Нарезка тыквины дает углубленное представление о характере фасциации. Две тыквины срослись в одну, а третья – прикрепляется только одной стороной. (Фото Л.В. Цаценко).



Рисунок 3 – Фасциация плода у патиссона, которая приводит к увеличению габитуса тыквины (Фото Л.В. Цаценко).

Вопрос о систематизации визуальных ресурсов по фасциации у растений, а именно: фотографии, рисунки, чертежи и схемы, можно рассматривать в разных направлениях, в том числе работа по формированию баз данных [Цаценко Л.В. и др., 2023]. Сейчас ряд университетов на своих страницах представляют уникальные, интересные находки растений с фасциацией. Существует примечательная практика на пример растений рода *Castilleja* (L.), распространенного от Америки до Евразии. В частности, J.M. Egger (2021) идентифицировал явление фасциации стеблей у трех однолетних и одиннадцати многолетних представителей данного рода посредством анализа гербарных коллекций и натурных фотоснимков. Для детального описания общих характеристик явления фасциации у растений рода *Castilleja* были использованы авторские фотографии, гербарные образцы и ресурс онлайн-сообщества пользователей платформы Flickr («Anon., 2021. Fascinating fasciations and other strange deformities in plants»). Указанный методологический подход представляется перспективным, поскольку позволяет провести всесторонний комплексный анализ проявления атипичных форм у

отдельных особей одного рода, привлекая разнообразные визуализированные источники информации.

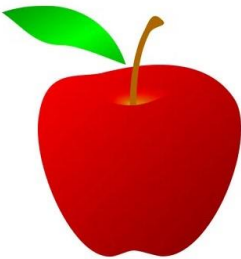
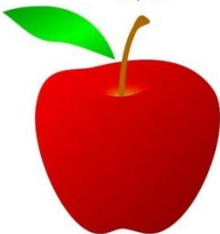
 Срастание плода Краснодар, 2023	 	ЯБЛОКО норма 
 Срастания плода Краснодар, 2024	 	ЯБЛОКО норма 
  Краснодар, 2025	норма фасциация Фасциация плодоножки	ЯБЛОКО норма 

Рисунок 4 – Пример коллекции визуальных рисурсов на примере плодов яблок. Отмечены разные типы срастания плодов и редкий случай – фасциация плодоножки.

С одной стороны, однако в большинстве случаев фасциация, которую демонстрируют растения, – это временное отклонение от стандартной схемы роста, интересное и в конечном счете безвредное отвлечение, которым можно наслаждаться как новинкой. С другой стороны, селекционная работа позволяет получить интересные формы растений, привлекательные для рынка и укрепить опыт создания нового из растений с аномалиями развития.

Список литературы

1. Влияние фасциации на посевные качества семян капусты / В. Ф. Пивоваров, Л. Л. Бондарева, В. И. Старцев [и др.] // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. – 2013. – № 2. – С. 22-23.
2. Коротцева, И.Б. Фасциация у тыквенных культур / И.Б. Коротцева // Овощи России. 2023.–№ 6. – С.17-21. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2023-6-17-21>
3. Майоров С. Н. и др. Типы фасциаций у растений и факторы, влияющие на её проявление //Овощи России. – 2012. – №. 2. – С. 54-59.
4. Отклик агроландшафта на воздействие загрязняющих веществ и их экологическое нормирование / М. С. Соколов, Т. В. Павлова, В. П. Чуприна [и др.] // Агрохимия. – 1999. – № 6. – С. 46-60.
5. Сафонов, А. И. Тератогенные эффекты как индикаторные свойства цветковых растений урбанизированных территорий Донецкой агломерации / А. И. Сафонов, Ю. С. Калинина, А. П. Палагута // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2024. – № 2. – С. 20-30.
6. Сафонов, А. И. Экологический фитомониторинг антропогенных трансформаций / А. И. Сафонов. – Донецк : Издательский дом «ЭДИТ», 2024. – 289 с.
7. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2023623582 Российская Федерация. Тератные формы у сахарной свеклы. Каталог образов : № 2023623363 : заявл. 16.10.2023 : опубл. 23.10.2023 / Л. В. Цаценко, Ю. В. Жабатинская, Е. С. Дмитрова ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кубанский государственный аграрный университет им. И.Т. Трубилина».
8. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2023623645 Российская Федерация. Аномалии развития початка у кукурузы : № 2023623400 : заявл. 17.10.2023 : опубл. 25.10.2023 / Л. В. Цаценко, И. А. Хилько, А. И. Усова ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кубанский государственный аграрный университет им. И.Т. Трубилина».
9. Стрессовые условия внешней среды как причина генетических рекомбинаций у цветковых растений на примере видов сои культурной *Glycine max* (L.) Merr., сои

уссурийской *G. soja* Sieb. et Zucc. и льна обыкновенного *Linum usitatissimum* L / С. В. Зеленцов, Е. В. Мошненко, Л. В. Цаценко, В. С. Зеленцов // Научный диалог. – 2014. – № 1(25). – С. 14-29.

10. Цаценко, Л. В. Аномалии развития у злаковых культур на примере кукурузы / Л. В. Цаценко, А. И. Усова, И. А. Хилько // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2023. – № 192. – С. 240-252. – DOI 10.21515/1990-4665-192-020.

11. 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.

12. Цаценко, Л. В. Фитотестирование загрязнения агроландшафта / Л. В. Цаценко, О. Д. Филипчук // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. – 1997. – № 3. – С. 39-41.

13. Цаценко, Н. А. «Живые лаборатории» фермерства в современной модели четырехзвенной спирали инноваций: зарубежный опыт / Н. А. Цаценко, А. В. Толмачев, Л. В. Цаценко // АПК: экономика, управление. – 2024. – № 2. – С. 102-113. – DOI 10.33305/242-102.

14. Orteiz O. A. et al. Abnormal ear development in corn: Does hybrid, environment, and seeding rate matter? / O. A. Orteiz et al. // *Agronomy Journal*. – 2023. – Т. 115. – № 4. – P. 1796-1832. <https://doi.org/10.1002/agj2.21338>

15. Thomison, P. R/, Abnormal ear development in corn: A review /P. R. Thomison, R. W. Elmore // *Agronomy Journal* - 2022. –V. 114. – P. 1168-1183.

References

1. Vliyanie fasciicii na posevnye kachestva semyan kapusty / V. F. Pivovarov, L. L. Bondareva, V. I. Starcev [i dr.] // *Vestnik Rossijskoj akademii sel'skohozyajstvennyh nauk*. – 2013. – № 2. – P. 22-23.

2. Korotceva, I.B. Fasciaciya u tykvennyh kul'tur / I.B. Korotceva // *Ovoshchi Rossii*. 2023;(6):17-21. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2023-6-17-21>

3. Majorov S. N. i dr. Tipy fasciacij u rastenij i faktory, vliyayushchie na eyo proyavlenie // *Ovoshchi Rossii*. – 2012. – №. 2. – S. 54-59.

4. Otklik agrolandshafta na vozdejstvie zagryaznyayushchih veshchestv i ih ekologicheskoe normirovanie / M. S. Sokolov, T. V. Pavlova, V. P. Chuprina [i dr.] // *Agrohimiya*. – 1999. – № 6. – P. 46-60.

5. Safonov, A. I. Teratogennye efekty kak indikatornye svojstva cvetkovykh rastenij urbanizirovannyh territorij Doneckoj aglomeracii / A. I. Safonov, Yu. S. Kalinina, A. P. Palaguta // *Problemy ekologii i ohrany prirody tekhnogennogo regiona*. – 2024. – № 2. – P. 20-30.

6. Safonov, A. I. Ekologicheskij fitomonitoring antropogennyh transformacij / A. I. Safonov. – Doneck : Izdatel'skij dom «EDIT», 2024. – 289 p.

7. Svidetel'stvo o gosudarstvennoj registracii bazy dannyh № 2023623582 Rossijskaya Federaciya. Teratnye formy u saharnoj svekly. Katalog obrazov : № 2023623363 : zayavl. 16.10.2023 : opubl. 23.10.2023 / L. V. Tsatsenko, Yu. V. Zhabatinskaya, E. S. Dmitrova ; zayavitel' Federal'noe gosudarstvennoe byudzhethoe obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego obrazovaniya «Kubanskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet im. I.T. Trubilina».

8. Svidetel'stvo o gosudarstvennoj registracii bazy dannyh № 2023623645 Rossijskaya Federaciya. Anomalii razvitiya pochatka u kukuruzy : № 2023623400 : zayavl. 17.10.2023 : opubl. 25.10.2023 / L. V. Tsatsenko, I. A. Hil'ko, A. I. Usova ; zayavitel'

Federal'noe gosudarstvennoe byudzhethnoe obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego obrazovaniya «Kubanskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet im. I.T. Trubilina».

9. Stressovye usloviya vneshnej sredy kak prichina geneticheskikh rekombinacij u cvetkovyh rastenij na primere vidov soi kul'turnoj *Glycine max* (L.) Merr., soi ussurijskoj *G. soja* Sieb. et Zucc. i l'na obyknovenного *Linum usitatissimum* L / S. V. Zelencov, E. V. Moshnenko, L. V. Tsatsenko, V. S. Zelencov // Nauchnyj dialog. – 2014. – № 1(25). – P. 14-29.

10. Tsatsenko, L. V. Anomalii razvitiya u zlakovyh kul'tur na primere kukuruzy / L. V. Tsatsenko, A. I. Usova, I. A. Hil'ko // Politematicheskij setevoj elektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2023. – № 192. – S. 240-252. – DOI 10.21515/1990-4665-192-020.

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

12. Tsatsenko, L. V. Fitotestirovanie zagryazneniya agrolandshafta / L. V. Tsatsenko, O. D. Filipchuk // Vestnik Rossijskoj akademii sel'skohozyajstvennyh nauk. – 1997. – № 3. – P. 39-41.

13. Tsatsenko, N. A. «Zhivye laboratorii» fermerstva v sovremennoj modeli chetyrekhzvennoj spirali innovacij: zarubezhnyj opyt / N. A. Tsatsenko, A. V. Tolmachev, L. V. Tsatsenko // APK: ekonomika, upravlenie. – 2024. – № 2. – P. 102-113. – DOI 10.33305/242-102.