

**ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ГРЕЦКОГО ОРЕХА И AGROBACTERIUM  
TUMEFACIENS: ВЛИЯНИЕ, УПРАВЛЕНИЕ И БУДУЩИЕ РЕШЕНИЯ**

<sup>1</sup> Эшбекова Гулжахон Гофур кизи , <sup>2</sup> Исмаилов Зафар Файзуллаевич

<sup>1</sup> Самаркандский государственный университет имени Шарофа Рашидова,  
аспирант,

<sup>2</sup> Самаркандский государственный университет имени Шарофа Рашидова,  
доктор биологических наук, профессор.

e-mail: [guljakhonbio@mail.ru](mailto:guljakhonbio@mail.ru)

Тел: +998978953732

**Аннотация:** В статье представлены аналитические данные по сведениям о взаимодействии между грецким орехом (*Juglans regia* L.) и *Agrobacterium tumefaciens*, опубликованных за последние годы в современных научных источниках, что является возбудителем корончатого галла, в том числе о влиянии на плантации, механизме процесса и о потенциальной будущей управленческой меры.

**Ключевые слова:** Грецкий орех, *Agrobacterium tumefaciens* , корончатый галл, *Agrobacterium radiobacter* K84, микроразмножение *in vitro*.

**GREK YONG‘OG‘I VA AGROBACTERIUM TUMEFACIENS NING  
O‘ZARO ALOQALARI:TA`SIRI, KURASHISH USULLARI VA  
KELAJAKDAGI YECHIMLAR**

<sup>1</sup> Eshbekova Guljaxon G`ofur qizi , <sup>2</sup> Ismailov Zafar Fayzullaevich

1 Sharof Rashidov nomidagi Samarqand davlat universiteti, tayanch doktorant

2 Sharof Rashidov nomidagi Samarqand davlat universiteti, biologiya fanlari  
doktori, professor.

e-mail: [guljakhonbio@mail.ru](mailto:guljakhonbio@mail.ru)

Tel: +998978953732

**Annotatsiya:** Maqolada so'nggi yillarda zamonaviy ilmiy manbalarda grek yong'og'i (*Juglans regia* L.) va ildiz bo'g'zi raki qo'zg'atuvchisi *Agrobacterium tumefaciens* o'rtasidagi o'zaro ta'siri, shu jumladan bog'larga ta'siri, kasallanish jarayoni va kelajakda kasallikka qarshi kurashish choralari to'g'risidagi ma'lumotlarga oid tahliliy ma'lumotlar keltirilgan..

**Kalit so'zlar:** Grek yong'og'i, *Agrobacterium tumefaciens*, ildiz bo'g'zi raki, *Agrobacterium radiobacter* K84, *in vitro* mikroko'paytirish.

## **WALNUT AND AGROBACTERIUM TUMEFACIENS INTERACTION: INFLUENCE, MANAGEMENT AND FUTURE SOLUTIONS**

<sup>1</sup>Eshbekova Guljakhon Gofur kizi , <sup>2</sup> Ismailov Zafar Fayzullaevich

1 Samarkand State University named after Sharof Rashidov, PhD student

2 Samarkand State University named after Sharof Rashidov, Doctor of Biological Sciences, Professor.

e-mail: guljakhonbio@mail.ru

Tel: +998978953732

**Abstract:** The article presents analytical data on the information published in recent years in modern scientific sources on the interaction between Persian walnut (*Juglans regia* L.) and *Agrobacterium tumefaciens*, causing agent of crown gall disease, including influence on orchards, the mechanism of the process and potential future management measures.

**Keywords:** Persian walnut, *Agrobacterium tumefaciens*, crown gall, *Agrobacterium radiobacter* K84, *in vitro* micropropagation.

### **Введение.**

Грецкий орех (*Juglans regia* L.) — один из самых распространенных орехов в мире. В настоящее время грецкий орех выращивают в коммерческих целях в Южной Европе, Северной Африке, Восточной Азии, США и

западной части Южной Америки. Мировое производство цельного грецкого ореха в 2021 году составило около  $2,31 \times 10^6$  т. Китай является ведущим мировым производителем, а за ним следуют США, Иран, Турция, Украина, Румыния, Франция и Индия, но производство в других странах, таких как Чили и Аргентина, увеличилось стремительно в последние годы [1].

Грецкий орех является видом, имеющим большое значение в Центральной Азии, где орехи собирают с дикорастущих насаждений, приусадебных участков и коммерческих плантаций, которые значительно различаются по размеру и степени управления. Орехи собирают для домашнего потребления, продажи на местных придорожных лотках и рынках, а также для отправки в другие города. Деревья грецкого ореха в дальнейшем используются для производства широкого спектра продуктов из-за их высококачественной древесины. Листья, кора и другие части растений используются в лечебных целях, а деревья выращивают и ухаживают за ними в целях сохранения почвы [2].

*Agrobacterium tumefaciens* — вездесущая почвенная бактерия, обладающая уникальным молекулярным механизмом, который может опосредовать перенос определенного сегмента бактериальной ДНК в геномы клеток растений, грибов и животных. Хотя важность горизонтального переноса генов агробактерий-грибов и агробактерий-животных неизвестна, патогенез агробактерий-растений хорошо изучен [3]. Несмотря на то, что *A. tumefaciens* имеет самый широкий круг хозяев из всех патогенов растений, с более чем 600 охарактеризованными растениями-хозяевами, болезнь корончатого галла, как правило, представляет собой серьезную сельскохозяйственную проблему только для фруктовых и ореховых деревьев, винограда и некоторых декоративных растений [4]. У этих культур корончатый галл может вызвать большие экономические потери из-за выбраковки больного саженца, снижения продуктивности растений пораженных галлом и повышенной восприимчивости к условно-патогенным микроорганизмам [5].

### **Цель исследования.**

Основное внимание в борьбе с корончатым галлом обычно уделяется уничтожению *A.tumefaciens* посредством фумигации почвы, фитосанитарии и/или биоконтроля (особенно *Agrobacterium radiobacter* K84) [6]. Несмотря на то, что в ряде случаев эти меры были успешными в борьбе с болезнью корончатого галла, они не обеспечили последовательной и эффективной борьбы с болезнями многих сельскохозяйственных культур, включая грецкий орех. Очень важно изучить и проанализировать механизм этого процесса и имеющиеся на сегодняшний день методы, чтобы разработать новые методы борьбы с этим заболеванием грецкого ореха. В данной статье анализируются механизм корончатого галла грецкого ореха, влияние болезни на плантации грецкого ореха, методы, имеющиеся на сегодняшний день и которые могут быть использованы в будущем для борьбы с этим заболеванием.

### **Влияние на плантации грецкого ореха.**

Основным признаком корончатого галла грецкого ореха является образование опухолей на короне подвоя грецкого ореха. Корончатый галл был назван одним из основных заболеваний, поражающих питомники и плантации во всех регионах, где выращивают грецкий орех [7]. При наблюдении было выяснено, что корончатый галл снижает урожайность на 12-25% в первые четыре года в молодых плантациях грецкого ореха [8]. Если их не лечить, галлы могут убить даже очень большие деревья. Кроме того, галлы являются местом проникновения грибов, и других патогенов, вызывающих гниение древесины, которые могут нанести дополнительный ущерб дереву. Галлы также служат средой обитания для ряда различных насекомых, которые могут вызывать вторичные повреждения или даже действовать как переносчики других патогенов. После попадания в почву *A. tumefaciens* может выживать в течение многих лет даже при отсутствии растения-хозяина [9]. Интересно, что было показано, что *A. tumefaciens* систематически перемещается по деревьям грецкого ореха, что также усложняет процесс обеспечения чистоты поголовья. Например, системно

инфицированные деревья могут проявлять симптомы только через несколько месяцев, во время полевой прививки или после повреждения при посадке. Эта возможность делает крайне важным уделять большое внимание уменьшению или устранению ранней инфекции *A. tumefaciens*, чтобы избежать разрушительных вспышек корончатого галла на молодых деревьях спустя месяцы или годы [10].

### **Корончатый галл на плантациях грецкого ореха в Узбекистане.**

Средняя Азия, включая Узбекистан, является одним из центров происхождения грецкого ореха. Несмотря на это, в Узбекистане практически не проводились научно-исследовательские работы в области технологии выращивания грецкого ореха, борьбы с болезнями и вредителями, семеноводства. В 2017-2022 годах были заложены плантации на площади 14 000 га на основе всемирно известных сортов грецкого ореха, в том числе сорта Чандлер, а в качестве подвоя в 80% саженцах использован Парадокс. Однако эти сорта не смогли полностью адаптироваться к климату Узбекистана, то есть процент поражения ранними осенними заморозками и различными болезнями, в том числе корончатым галлом, показал высокий показатель. Согласно исследованиям, проведенным на плантациях Джамбайского, Булунгурского, Пайарикского районов Самаркандской области и Галлааральского района Джизакской области, в 2020 году процент заражения корончатым галлом в плантациях, состоящих из 3-4-летних сеянцев, составил в среднем 30-40%, а в 2022 году этот показатель достиг 60% -70%. Учитывая, что корончатый галл у молодых деревьев вызывает резкое снижение урожайности [8] и другие вторичные заболевания [9], это означает необходимость применения в этих насаждениях мер против *Agrobacterium tumefaciens*.

### **Методы борьбы с корончатым галлом на плантациях грецкого ореха**

Борьба с корончатым галлом долгое время была проблемой во всем мире из-за широкого круга хозяев и уникального механизма патогенеза. Чтобы справиться с болезнью корончатого галла, производители полагаются

на фумигацию почвы, выбраковку зараженных деревьев или на хирургическое удаление опухолевой ткани. Эти методы имеют ограниченную эффективность, являются дорогостоящими и трудоемкими. Штамм биоконтроля *A. radiobacter* K84 [11] показал себя многообещающим в борьбе с корончатым галлом, когда о нем впервые сообщили в 1972 г. New & Kerr [12], и он использовался для лечения корончатого галла во многих странах. Штамм K84 продуцирует бактериоцин под названием агроцин84, который ингибирует синтез ДНК или РНК чувствительных вирулентных штаммов *A. tumefaciens*. Агроцин84 кодируется генами, расположенными на плазмиде pAgK84. Однако pAgK84 может быть приобретен вирулентными штаммами, в результате чего эти штаммы становятся устойчивыми к штамму биоконтроля K84. Чтобы решить эту проблему, был сконструирован мутант pAgK84 по Trade-делеции, и было показано, что он значительно снижает передачу pAGK84 вирулентным штаммам, при этом снижая образование галлов у восприимчивых хозяев. Горизонтальный перенос гена pAgK84 является одним из механизмов, благодаря которому вирулентные штаммы *A. tumefaciens* становятся устойчивыми к штамму биоконтроля K84. Характеристика генов катаболизма опинов, расположенных в опероне *acc*, свидетельствует о том, что мутации в гене *accF* также приводят к устойчивости к штамму K84. Оперон *acc* состоит из 8 генов, названных *accR*, и от *accA* до *accG*, экспрессия которых индуцируется агроцинопинами [11]. Теоретически штаммы, несущие ген агроцинопинсинтазы, чувствительны к K84 из-за мимикрии агроцинопина с помощью агроцин84, что делает возможным его поглощение вирулентными штаммами. Таким образом, вирулентные штаммы станут чувствительными к штамму K84 [13]. Однако исследования эффективности штамма K84 в регионе выращивания грецкого ореха в Калифорнии показали, что штаммы, устойчивые к K84, широко распространены. Однако механизм резистентности этих штаммов не ясен [14]. На сегодняшний день на рынке не существует широко эффективных

бактерицидов для послепосевной борьбы с корончатым галлом грецкого ореха.

### **Будущие стратегии борьбы с корончатым галлом у грецкого ореха**

На основе последних исследований, проведенных во всем мире, предложено несколько новых методов борьбы с корончатым галлом. Например, развитие генетической устойчивости с помощью новых подходов, таких как РНК-интерференция (РНК-интерференция) или вирус-индуцированное подавление экспрессии генов (virus-induced gene silencing, VIGS), может решить эти проблемы. Опосредованное подавление корончатого галла у грецкого ореха (*Juglans regia* L.) РНК-интерференцией было достигнуто ранее [15]. Кроме того, предполагается, что увеличение микробного разнообразия и активности в фумигированной почве обеспечит большую конкуренцию *A. tumefaciens*, тем самым снизив ее численность и ограничив заболеваемость [16].

Некоторые эксперименты показали, что микроклональное размножение является потенциальной технологией борьбы с заболеваемостью корончатым галлом. Клоновые подвои, размножаемые методом микроразмножения, показали значительно более низкие рейтинги корончатого галла, чем подвои сеянцев через 7 и 12 лет после посадки [17,18]. Родиной грецкого ореха считается Средняя Азия, в том числе и Узбекистан, и существует множество местных сортов и форм, которые демонстрируют сильные характеристики роста и продуктивности. Однако отмечено, что в садах, созданных на основе этих сортов, корончатый галл практически не встречается. По этой причине отбор сортов, устойчивых к *A. tumefaciens*, среди местных сортов с сильными характеристиками роста, а также их микроклональное размножение и использование на плантациях в качестве прививок также может помочь уменьшить распространение этого заболевания.

**Заключение .** Грецкий орех (*Juglans regia* L. ) выращивается во многих странах как ценное орехоплодное дерево, и его значение на мировом рынке с каждым годом возрастает. Однако сегодня плантации грецкого ореха сильно

повреждены несколькими болезнями, такими как корончатый галл. Хотя для борьбы с корончатым галлом было разработано несколько биологических, химических и механических методов, они оказались недостаточно эффективными. По этой причине разработка методов борьбы с этим заболеванием и его возбудителем не потеряла своей актуальности. В будущем развитие генетической устойчивости с помощью новых подходов, таких как РНК-интерференция (РНКи), технологии вирус-индуцированное подавление экспрессии генов (virus-induced gene silencing, VIGS), увеличение микробного разнообразия и активности в фумигированной почве, а также микроразмножение будут лучшими стратегиями против корончатого галла на грецком орехе.

### Литература

1. Vahdati K., Sadeghi-Majd R., Sestras A.F., Licea-Moreno R.J., Peixe A., Sestras R.E. Clonal Propagation of Walnuts (*Juglans* spp.): A Review on EVolution from Traditional Techniques to Application of Biotechnology // Plants. 2022. Vol. 11. Is. 3040. P. 1-25. <https://doi.org/10.3390/plants11223040>
2. Akca Y., Yuldaşulu Y.B., Murad E., Vahdati K. Exploring of Walnut Genetic Resources in Kazakhstan and Evaluation of Promising Selections // International Journal of Horticultural Science and Technology. 2020. Vol. 7. Is. 2. P. 93-102. <https://doi.org/10.22059/ijhst.2020.299930.352>
3. Colleen, A. M., Andrew, N. B. Agrobacterium tumefaciens and Plant Cell Interactions and Activities Required for Interkingdom Macromolecular Transfer // Annu. Rev. Cell Dev. Biol. 2016. Vol.22. P. 101–127. <https://doi.org/10.1146/annurev.cellbio.22.011105.102022>
4. Borges R.C.F., Rossato M., Albuquerque G.M.R. Crown gall caused by *Agrobacterium tumefaciens* species complex: a novel nursery disease of *Tectona grandis* in Brazil. // J Plant Pathol. 2019. Vol. 101. Is. 445. <https://doi.org/10.1007/s42161-018-00211-4>
5. Păcurar D. I., Thordal-Christensen H., Păcurar M. L., Pamfil D., Botez C., Bellini C. Agrobacterium tumefaciens: From crown gall tumors to genetic

transformation // Physiological and Molecular Plant Pathology. 2011. Vol. 76. Is.2. P. 76–81.

6. Aditi Sh., Gupta A.K. New insights in the biological control of crown gall through native *Agrobacterium radiobacter* strain UHFBA-218.// Plant Disease research. 2017. Vol. 32. Is. 2. P. 137–152.

7. Yakabe L. E., Parker S. R., Kluepfel D. A. Role of systemic *Agrobacterium tumefaciens* Populations in Crown Gall Incidence on the Walnut Hybrid Rootstock 'Paradox' // Plant Dis. 2012. Vol. 96. Is.10. P.1415-1421.

8. Epstein, L., Kaur S., McKenna J.R., Grant J.A., Olson W.H., Reil W.O. Crown Gall can spread between walnut trees in nurseries and reduce future yields. California Agriculture // 2018. Vol. 62. Is.3. P.111-115.

9. Ferdous M. L., Hossain M. N., Ali M. O., Islam M. S., Yasmin S. Morphological, biochemical and molecular identification of the wild strain of *Agrobacterium tumefaciens* from crown gall infected mango tree // Fundamental and Applied Agriculture. 2021. Vol. 6. Is.1. P. 43–49.

10. Yakabe L. E., Parker S. R., and Kluepfel D. A. Cationic Surfactants: Potential Surface Disinfectants to Manage *Agrobacterium tumefaciens* Biovar 1 Contamination of Grafting Tools // Plant Dis. 2012. Vol.96. Is.3. P. 409-415.<https://doi.org/10.1094/PDIS-11-10-0839>

11. Kim H. S., Yi H., Myung J., Piper K. R., Farrand S. K. Opine-Based *Agrobacterium* Competitiveness: Dual Expression Control of the Agrocinopine Catabolism (acc) Operon by Agrocinopines and Phosphate Levels // *J. Bacteriol.* 2008. Vol.190. Is.10. P. 3700–3711.

12. Kerr A. Biological Control of Crown Gall: Seed Inoculation // *Journal of Applied Bacteriology*. 1972. Vol. 35. Is.3. P. 493–497.

13. Gonzalez-Mula A., Lachat J., Mathias L., Naquin D., Lamouche F., Faure D. The biotroph *Agrobacterium tumefaciens* thrives in tumors by exploiting a wide

- spectrum of plant host metabolites.// New Phytologist. 2019. Is.222. P. 455–467.  
doi: 10.1111/nph.15598
14. Hwang H.H., Gelvin S.B., Lai E.M. Editorial: “Agrobacterium biology and its application to transgenic plant production.”// Front. Plant Sci. 2015. Vol.6. Is.265.  
doi: 10.3389/fpls.2015.00265
15. Walawage S. L., Britton M. T., Leslie C. A., Uratsu S. L., Li Y., Dandekar A. M. Stacking resistance to crown gall and nematodes in walnut rootstocks // BMC Genomics. 2013. Vol.14. Is. 668. <https://doi.org/10.1186/1471-2164-14-668>
16. Strauss S.L., Stover J.K., Kluepfel D.A. Impact of biological amendments on *Agrobacterium tumefaciens* survival in soil // Applied Soil Ecology. 2015. Vol. 87. P. 39-48.
17. Hasey J.K. Kluepfel D.A. Anderson K.K. Crown gall incidence and severity: seedling walnut rootstock versus clonally propagated rootstock // Acta Horticulturae. 2014. Vol. 1050. P. 305–308
18. Eshbekova G., Haydarov I., Bozorov E. In vitro micropropagation of local genotypes of walnut in Uzbekistan.// Scientific Journal of SamSU. 2022. Vol.1. P.63-68