

Научная статья

УДК 631.15

DOI: 10.36508/journal.2024.36.74.006

## **СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ДЕЙСТВИЯ НАНОЧАСТИЦ НА ОСНОВЕ МЕДИ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ МОРКОВИ И СТОЛОВОЙ СВЕКЛЫ ПРИ РАЗРАБОТКЕ ПРИРОДОПОДОБНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

**Чурилова Вероника Вячеславовна<sup>1</sup>, Полищук Светлана Дмитриевна<sup>2</sup>, Чурилов Дмитрий Геннадьевич<sup>3</sup>**

*<sup>1,2,3</sup>Федеральное государственное бюджетное общеобразовательное учреждение высшего образования «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева», г. Рязань, Россия*

*<sup>1</sup>veronicka.churilova@yandex.ru*

### **Аннотация.**

**Проблема и цель.** Научные исследования с использованием нанотехнологий, а именно обработка семенного материала сельскохозяйственных культур перед посевом наночастицами металлов в ультрадисперсном состоянии, показывает свою эффективность в виде прибавки урожая и повышения накопления биологически активных веществ в полученной продукции, что подтверждается работами многих ученых. Цель работы заключалась в исследовании воздействия наночастиц на основе меди разных физико-химических свойств на овощные культуры в полевых условиях.

**Методология.** В полевых условиях были проведены исследования по действию наночастиц меди, наночастиц оксида меди и нанокompозита на основе наночастиц меди на продуктивность моркови и столовой свеклы.

**Результаты.** Высокие показатели урожайности моркови были с применением раствора нанокompозита меди - + 23,4 %, при этом средняя масса корнеплодов моркови оказалась выше контрольных значений на 16,4%.

При предпосевной обработке семян столовой свеклы наночастицами меди урожайность корнеплодов увеличилась на 11,4%, обработка наночастицами оксида меди существенно не повлияла на урожайность. Применение нанокompозита повысило урожайность на 28,4 % за счет увеличения количества и средней массы корнеплодов.

**Заключение.** Проведенные исследования показали, что в варианте с нанокompозитом по общему значению результаты эффективнее, что обусловлено присутствием природного компонента – полисахарида.

**Ключевые слова:** нанокompозит, наночастицы меди, полисахариды, морковь, столовая свекла, полевые испытания, урожайность.

## COMPARATIVE ASSESSMENT OF THE EFFECT OF COPPER-BASED NANOPARTICLES ON THE PRODUCTIVITY OF CARROTS AND TABLE BEETS IN THE DEVELOPMENT OF NATURE-LIKE TECHNOLOGIES

Churilova Veronika Vyacheslavovna<sup>1</sup>, Polishchuk Svetlana Dmitrievna<sup>2</sup>,  
Churilov Dmitriy Gennad'evich<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Federal State Budgetary Institution of Higher Education "Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev", Ryazan, Russia

<sup>1</sup>veronicka.churilova@yandex.ru

### **Abstract.**

**Problem and purpose.** Scientific research using nanotechnology, namely the processing of seed material of agricultural crops before sowing with metal nanoparticles in an ultrafine state, shows its effectiveness in the form of an increase in yield and an increase in the accumulation of biologically active substances in the resulting products, which is confirmed by the work of many scientists. The aim of the work was to study the effect of copper-based nanoparticles of different physico-chemical properties on vegetable crops in the field.

**Methodology.** In the field, studies were conducted on the effect of copper nanoparticles, copper oxide nanoparticles and a nanocomposite based on copper nanoparticles on the productivity of carrots and table beets.

**Results.** During the pre-sowing treatment of carrot seeds, high yields were achieved using a solution of copper nanocomposite - + 23.4%, while the average weight of carrot root crops was 16.4% higher than the control values. During the pre-sowing treatment of table beet seeds with copper nanoparticles, the yield of root crops increased by 11.4%, treatment with copper oxide nanoparticles did not significantly affect the yield. The use of nanocomposite increased yields by 28.4% due to an increase in the number and average weight of root crops.

**Conclusion.** The conducted studies have shown that in the nanocomposite variant, the results are more effective in terms of overall value, due to the presence of a natural component – a polysaccharide.

**Keywords:** nanocomposite, copper nanoparticles, polysaccharides, carrots, table beet, field tests, yield.

### **Введение**

Природоподобные технологии позволяют оптимизировать весь технический процесс, всю техническую цепочку, начиная с правильной подготовки почвы, правильной посадки и окончательного сбора урожая. Сюда можно отнести и применение микроудобрений в виде наночастиц (НЧ) металлов. Экологическая безопасность наночастиц в 5-8 раз выше, чем солей металлов, которые

используется в настоящее время в растениеводстве, одноразовая предпосевная обработка и снижение токсической нагрузки на почву делают применение нанопрепаратов актуальным [1,2,3,4,5].

Цель работы заключалась в исследовании воздействия наночастиц на основе меди разных физико-химических свойств на овощные культуры в полевых условиях.

### **Материалы и методы исследований**

Испытания проводили на серой лесной почве со следующими характеристиками: содержание гумуса в пахотном слое 3,2 %, плотность 1,1 г/см, рН - 5,0, содержание фосфора подвижного 180 мг/кг почвы и калия 128 мг/кг. В качестве исследуемых препаратов использовали наночастицы оксида меди в первом варианте, наночастицы меди - во втором и нанокompозит, состоящий из водорастворимых полисахаридов и наночастиц меди в третьем варианте. Суспензии наночастиц готовили на основе дистиллированной воды ультразвуковой обработкой [6,7]. Испытуемыми тест объектами являлись морковь сорта «Нантская 4» и столовая свекла сорта «Детройт».

*Схема проведения исследований.*

Подготовку семян проводили путем опрыскивания исследуемым препаратом и выдержки в течение 60 минут, после чего проводили посев в соответствии с планом эксперимента.

Вариант 1 – предпосевная обработка семян суспензией наночастиц оксида меди в количестве 0,1 г/кг.

Вариант 2 – предпосевная обработка семян суспензией наночастиц меди с концентрацией 0,1 г/кг.

Вариант 3 – предпосевная обработка семян раствором нанокompозитов с концентрацией наночастиц меди 0,1 г/кг.

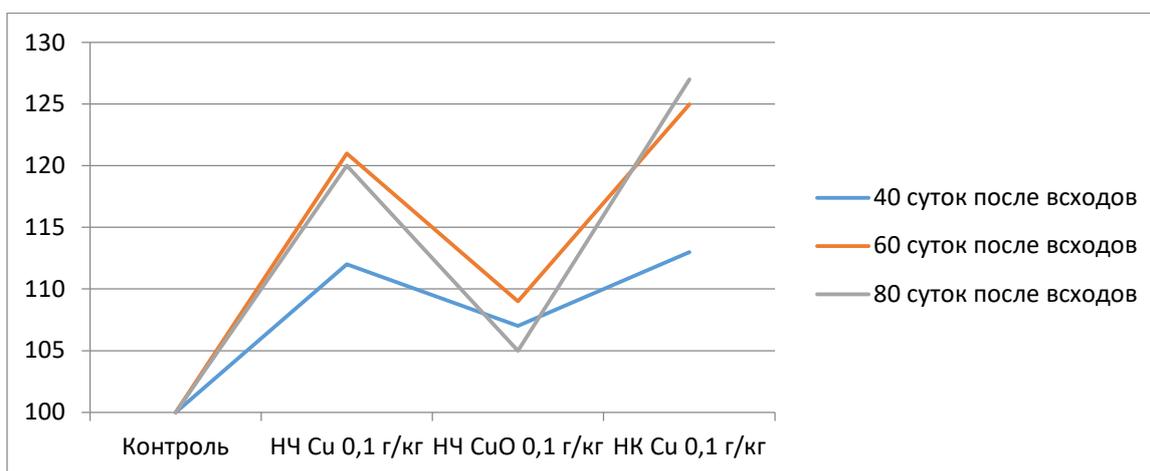
Контрольный вариант – дистиллированная вода.

В 3-ей декаде апреля производили посев моркови, в первой декаде мая посев столовой свеклы, сбор урожая испытуемых культур осуществляли вручную в середине сентября.

### **Результаты исследований и их обсуждение**

*Результаты полевого опыта на моркови.*

Полевые исследования с использованием изучаемых препаратов на моркови сорта «Нантская 4» показали высокие морфофизиологические свойства в сравнении с контрольной группой. (рисунок 1).



\*различия достоверны для  $P \geq 0,95$

Рисунок 1. Масса вегетативной части растений моркови «Нантская 4», %  
 Figure 1. The mass of the vegetative part of the carrot plants «Nantskaya 4», %

Фотосинтетическую активность усилило увеличение массы листьев моркови, что отразилось на урожайности моркови в большей мере (рисунок 2).

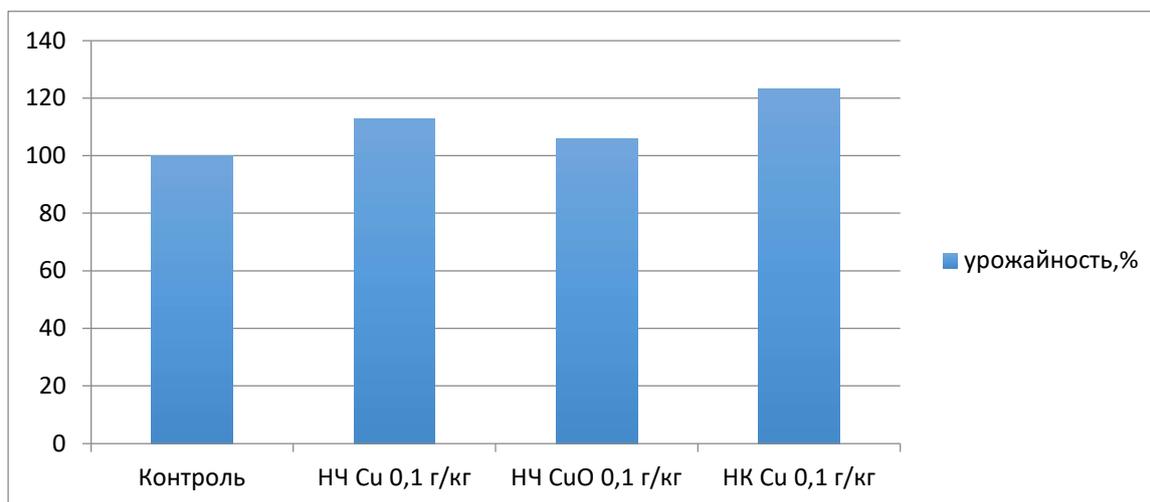


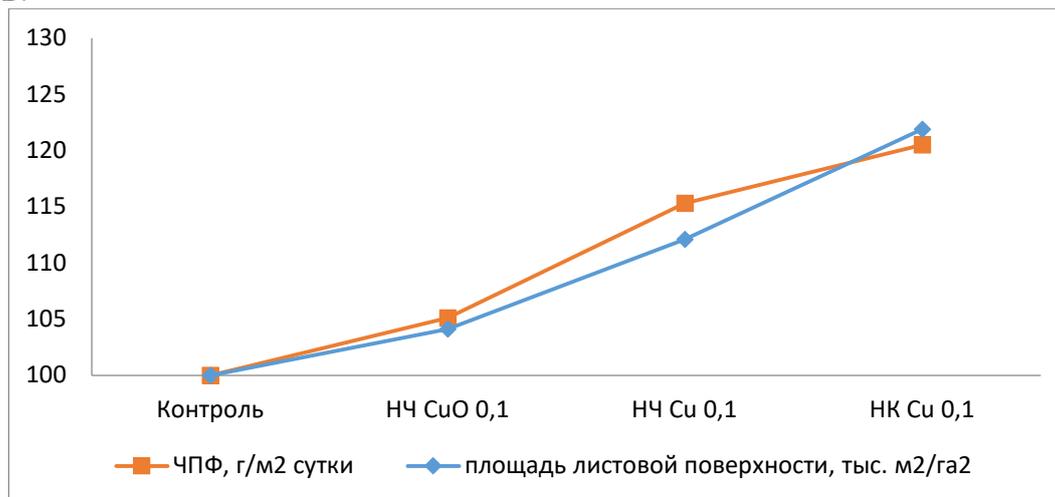
Рисунок 2. Урожайность моркови сорт «Нантская 4», %  
 Figure 2. Yield of carrots of the "Nantskaya 4" variety, %

Во всех случаях наблюдалось повышение урожайности моркови под влиянием наночастиц на основе меди. Значительные показатели были после обработки семян раствором нанокompозита меди - + 23,4 %, при этом средняя масса корнеплодов моркови была выше контрольных значений на 16,4%. Наночастицы меди повысили выход корнеплодов на 12,8% относительно контроля. Как и в случае со столовой свеклой, обработка семян моркови перед посевом наночастицами оксида меди незначительно увеличила урожайность - на 5,9%.

*Результаты полевого опыта на столовой свекле.*

За период вегетации были определены физиологические и продуктивные показатели растений столовой свеклы сорта Детройт. На рисунке 1 приведены данные в процентном соотношении площади поверхности листьев и чистой

фотосинтетической продуктивности растений свеклы в фазе 8 настоящих листьев.



\*различия достоверны для  $P \geq 0,95$

Рисунок 3. Площадь листовой поверхности и ЧПФ растений свеклы столовой сорта «Детройт», %

Figure 3. The area of the leaf surface and the NPF of beetroot plants of the Detroit variety, %

В фазу 8 настоящих листьев максимальная площадь листьев достоверно превышала контроль в варианте с НК меди на 21,9%. В других опытных вариантах также отмечается тенденция в сторону увеличения по отношению к контролю. Тогда как, ЧПФ растений столовой свеклы достоверно превышала контроль в опытах с НЧ меди и НК меди. Следовательно, обработка семян свеклы НК меди способствовала не только увеличению площади листовой поверхности, но и одновременно вызывала в наибольшей степени повышение ЧПФ, что положительно сказалось на урожайности столовой свеклы (рисунок 4).

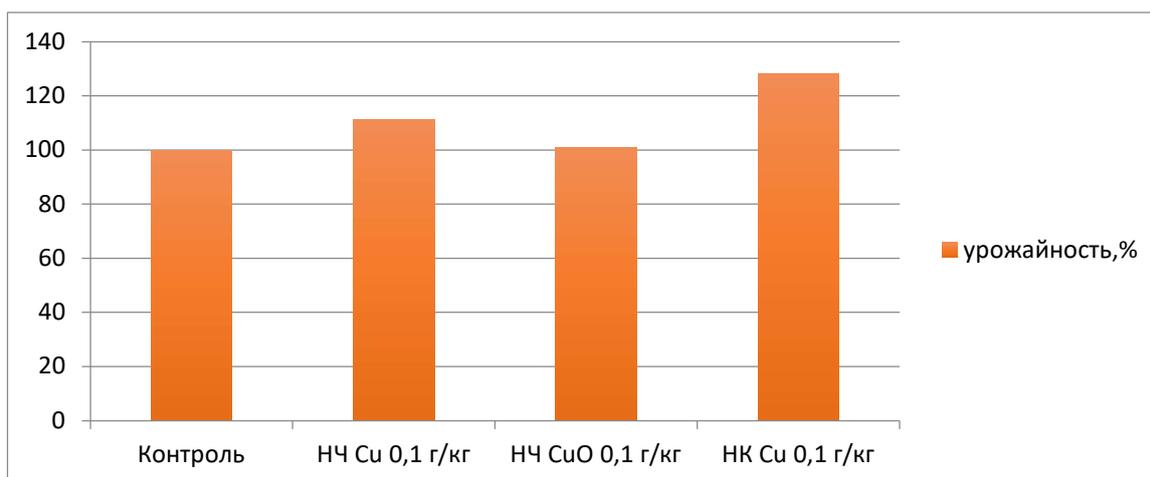


Рисунок 4. Урожайность столовой свеклы сорта «Детройт», %

Figure 4. Yield of table beet of the Detroit variety, %

При предпосевной обработке семян наночастицами меди урожайность корнеплодов увеличилась на 11,4%, обработка наночастицами оксида меди существенно не повлияли на урожайность. Применение нанокompозита

повысило урожайность на 28,4 % за счет увеличения количества и средней массы корнеплодов.

### Заключение

Таким образом, полевые исследования наночастиц на основе меди разных физико-химических свойств показали, что они оказывают значение на метаболические процессы роста [8], развития растений и корнеплодов, причем по общему эффекту лучшие результаты в варианте с нанокomпозитом, что обусловлено присутствием природного компонента – полисахарида.

### Библиографический список

1. Назарова, А. А. Физиологические, биохимические и продуктивные показатели пивоваренного ячменя при использовании биологически активных наноматериалов / А. А. Назарова, С. Д. Полищук, В. В. Чурилова // Сахар. – 2017. – № 1. – С. 22-25. – EDN YHZTIV. [https://cyberleninka.ru/article/n/fiziologicheskie-biohimicheskie-i-produktivnye-pokazateli-pivovarennogo-yachmenya-pri-ispolzovanii-biologicheskii-aktivnykh](https://cyberleninka.ru/article/n/fiziologicheskie-biohimicheskie-i-produktivnye-pokazateli-pivovarennogo-yachmenya-pri-ispolzovanii-biologicheskii-aktivnykh-nanomaterialov)
2. Investigation of the long-term toxic effect of nanoparticles of different physical-chemical characteristics / D. G. Churilov, S. D. Polischuk, V. V. Churilova [et al.] // . – 2020. – Vol. 18, No. 3. – P. 1973-1991. – DOI 10.15159/AR.20.186. – EDN KDEOUQ.
3. Dynamics of accumulating pollutants and essential elements in the process of plant growth and development / G. I. Churilov, D. G. Churilov, A. A. Nazarova [et al.] // . – 2019. – Vol. 16, No. 1-3. – P. 42-59. – DOI 10.1504/IJNT.2019.102391. – EDN PIDERD.
4. Biocompatibility conditions and biological activity of cobalt nanoparticles, depending on the size and concentration / D. G. Churilov, S. D. Polischuk, V. V. Churilova [et al.] // . – 2019. – Vol. 16, No. 6-10. – P. 522-539. – DOI 10.1504/IJNT.2019.106623. – EDN ABELQT.
5. Коваленко Л. В. Нанодисперсные металлические материалы с биологически активными свойствами / Л. В. Коваленко, Г. Э. Фолманис; Ин-т металлургии и материаловедения им. А. А. Байкова. -М. : Наука, 2006. <https://cyberleninka.ru/article/n/kovalenko-l-v-nanodispersnye-metallicheskie-materialy-s-biologicheskii-aktivnymi-svoystvami-l-v-kovalenko-g-e-folmanis-in-t-metallurgii-i>
6. Определение оптимальных концентраций наночастиц кобальта и меди на семенах и проростках овощных культур / О. Ю. Колмыкова, В. В. Чурилова, А. А. Назарова, С. Д. Полищук // Плодоводство и ягодоводство России. – 2016. – Т. 47. – С. 175-178. – EDN XCRKLV. <https://elibrary.ru/item.asp?id=27449146>
7. Влияние строения наночастиц на механизм их взаимодействия с живыми системами / С. Д. Полищук, Г. И. Чурилов, Д. Г. Чурилов [и др.] // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. – 2019. – № 4(44). – С. 45-53. – DOI 10.36508/RSATU.2019.32.87.008. – EDN ROOGR.

8. Нанотехнологии работают на урожай / А. А. Назарова, С. Д. Полищук, В. В. Чурилова, Ю. В. Доронкин // Картофель и овощи. – 2017. – № 2. – С. 28-30. – EDN XXWFTR. <https://elibrary.ru/xxwfttr>

### References

1. Nazarova, A. A. *Fiziologicheskie, bioximicheskie i produktivny'e pokazateli pivovarenного yachmenya pri ispol'zovanii biologicheskii aktivny'x nanomaterialov* / A. A. Nazarova, S. D. Polishhuk, V. V. Churilova // *Saxar*. – 2017. – № 1. – S. 22-25. – EDN YHZTIV. <https://cyberleninka.ru/article/n/fiziologicheskie-biohimicheskie-i-produktivnye-pokazateli-pivovarenного-yachmenya-pri-ispolzovanii-biologicheskii-aktivnyh>
2. *Investigation of the long-term toxic effect of nanoparticles of different physical-chemical characteristics* / D. G. Churilov, S. D. Polischuk, V. V. Churilova [et al.] // . – 2020. – Vol. 18, No. 3. – P. 1973-1991. – DOI 10.15159/AR.20.186. – EDN KDEOUQ.
3. *Dynamics of accumulating pollutants and essential elements in the process of plant growth and development* / G. I. Churilov, D. G. Churilov, A. A. Nazarova [et al.] // . – 2019. – Vol. 16, No. 1-3. – P. 42-59. – DOI 10.1504/IJNT.2019.102391. – EDN PIDERD.
4. *Biocompatibility conditions and biological activity of cobalt nanoparticles, depending on the size and concentration* / D. G. Churilov, S. D. Polischuk, V. V. Churilova [et al.] // . – 2019. – Vol. 16, No. 6-10. – P. 522-539. – DOI 10.1504/IJNT.2019.106623. – EDN ABELQT.
5. Kovalenko L. V. *Nanodispersny'e metallicheskie materialy` s biologicheskii aktivny`mi svoystvami* / L. V. Kovalenko, G. E`. Folmanis; *In-t metallurgii i materialovedeniya im. A. A. Bajkova*. -M. : Nauka, 2006. <https://cyberleninka.ru/article/n/kovalenko-l-v-nanodispersnye-metallicheskie-materialy-s-biologicheskii-aktivnymi-svoystvami-l-v-kovalenko-g-e-folmanis-in-t-metallurgii-i>
6. *Opredelenie optimal'ny'x koncentracij nanochasticz kobal'ta i medi na semenax i prorostkax ovoshhny'x kul'tur* / O. Yu. Kolmy`kova, V. V. Churilova, A. A. Nazarova, S. D. Polishhuk // *Plodovodstvo i yagodovodstvo Rossii*. – 2016. – T. 47. – S. 175-178. – EDN XCRKLV. <https://elibrary.ru/item.asp?id=27449146>
7. *Vliyanie stroeniya nanochasticz na mexanizm ix vzaimodejstviya s zhivy`mi sistemami* / S. D. Polishhuk, G. I. Churilov, D. G. Churilov [i dr.] // *Vestnik Ryazanskogo gosudarstvennogo agrotexnologicheskogo universiteta im. P.A. Kosty`cheva*. – 2019. – № 4(44). – S. 45-53. – DOI 10.36508/RSATU.2019.32.87.008. – EDN ROOGR.
8. *Nanotexnologii rabotayut na urozhaj* / A. A. Nazarova, S. D. Polishhuk, V. V. Churilova, Yu. V. Doronkin // *Kartofel` i ovoshhi*. – 2017. – № 2. – S. 28-30. – EDN XXWFTR. <https://elibrary.ru/xxwfttr>