

**БИОГЕННЫЕ НАНОЧАСТИЦЫ НА ОСНОВЕ ЖЕЛЕЗА КАК ФАКТОР ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ  
БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ СЫРЬЯ ДЛЯ ЗЕРНОПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕЙ  
ПРОМЫШЛЕННОСТИ\***

Изучено влияние биогенных наночастиц на основе железа на токсичность фунгицида "Виал ТТ" для фитопатогенного гриба *Alternaria tenuissima*.

Исследованиями установлено, что в некоторых вариантах эксперимента токсичность фунгицида в присутствии наночастиц возрастала более чем в два раза.

**Ключевые слова:** наночастицы, экологическая безопасность, сырье, фунгицид, токсичность.

S.V. Khizhnyak, E.Ya. Muchkina,  
A.G. Kuchkin, D.I. Shevelev, V.A. Samoylova

**IRON-BASED BIOGENIC NANOPARTICLES AS A FACTOR OF ECOLOGICAL SAFETY  
IN THE PROCESS OF RAW MATERIAL PRODUCTION FOR  
GRAIN-PROCESSING INDUSTRY\***

*The iron-based biogenic nanoparticle effect on the "Vial TT" fungicide toxicity for *Alternaria tenuissima* phytopathogenic fungus is studied. It is determined by the research that fungicide toxicity increased more than two times in presence of nanoparticles in some variants of the experiment.*

**Key words:** nanoparticles, ecological safety, raw material, fungicide, toxicity.

---

Современное зерновое производство невозможно без широкого применения фунгицидов. Однако применение фунгицидов и других химических средств защиты растений ведет к нарушению биологического равновесия в экосистемах, накоплению остаточных количеств пестицидов в сельскохозяйственной продукции и их аккумуляции в почвенной и водной мезофауне с последующим попаданием по трофическим цепям в организм позвоночных [4–6]. В этой связи возникает проблема снижения химической нагрузки на окружающую среду при использовании химических средств защиты зерновых культур.

Ранее было показано [3], что биогенные наночастицы на основе железа оказывают статистически значимый эффект на токсические свойства фунгицидов. Настоящее исследование посвящено изучению влияния наночастиц гидроксида железа, полученных под руководством д-ра физ.-мат. наук, ст. науч. сотр. Международного научного центра исследования экстремальных состояний организма Сибирского отделения Российской академии наук Ю. Л. Гуревича, на фунгицидные свойства тиабендазол-тебуконазоловых препаратов, применяемых в качестве проправителей семян.

**Объекты и методы.** В экспериментах использовали предоставленные Ю. Л. Гуревичем биогенные наночастицы трех типов: частицы на основе железа; частицы на основе железа, допированные алюминием; частицы на основе железа, допированные тяжелыми металлами. В качестве тест-культуры использовали изолят *Alternaria tenuissima* (Nees et T. Nees: Fries) Wiltshire, выделенный из зараженного альтернариозом зерна пшеницы. Данный вид не только паразитирует на зерновых культурах, но и загрязняет продукцию альтернариол, тенуазоновая кислота и другими микотоксинами. В качестве фунгицида использовали системный тебуконазол-тиабендазоловый проправитель широкого спектра действия "Виал ТТ", предназначенный для предпосевной обработки семян зерновых культур. Исследования проводили по схеме полного факторного эксперимента. Концентрация фунгицида в вариантах составляла 0%, 1%, 1,5%, 2%. Концентрация препаратов наночастиц составляла 0, 5, 10 и 20% от исходной. Фунгицид вносили в суспензию конидий одновременно с суспензиями наночастиц. Токсический эффект оценивали по снижению процента проросших конидий в сравнении с контролем. Статистическую значимость различий между вариантами эксперимента оценивали по точному критерию Фишера для таблиц 2x2.

---

\* Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант 10-08-01278).

**Результаты и их обсуждение.** Установлено, что препарат "Виал-ТТ" в всех изученных концентрациях оказывает токсический эффект на тест-культуру. В высшей степени статистически значимое ( $p<0,001$ ) подавление прорастания конидий наблюдается уже при концентрации препарата 0,5%, при этом кривая "до-за-эффект" носит нелинейный характер (рис. 1).

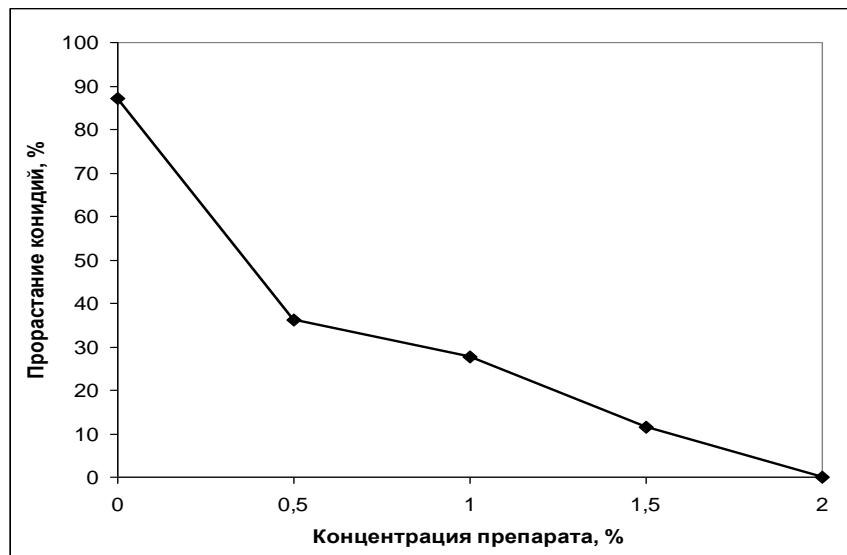


Рис. 1. Зависимость прорастания конидий тест-культуры от концентрации препарата "Виал-ТТ"

Сами по себе наночастицы ни в одной из испытанных концентраций не оказали значимого эффекта на прорастание конидий. В то же время внесение двух типов наночастиц (наночастицы гидроксида железа и наночастицы гидроксида железа, допированные алюминием) статистически значимо ( $p<0,05$ ) усилило токсическое действие препарата в отношении тест-культуры, что особенно ярко проявилось в области низких концентраций фунгицида (0,5 и 1%). Так, при добавлении к растворам фунгицидов 5% суспензии указанных наночастиц прорастание конидий снижалось в 2–3 раза по сравнению с вариантами без наночастиц. Частицы, допированные тяжелыми металлами, в противоположность этому, вызвали снижение токсичности фунгицида (рис. 2).

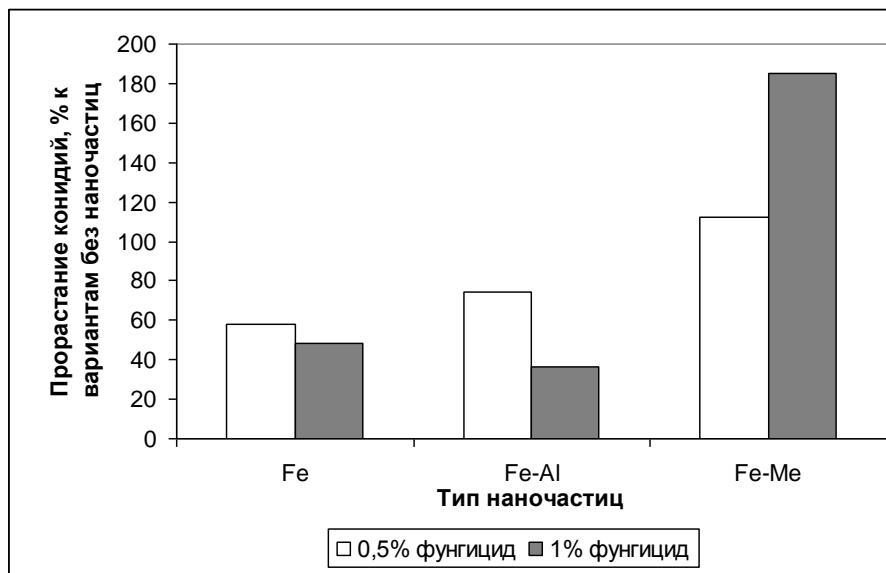


Рис. 2. Влияние наночастиц разного типа в концентрации 5% от исходной суспензии на токсичность 0,5 и 1,0% фунгицида для тест-культуры: Fe – наночастицы гидроксида железа, Fe-Al – наночастицы гидроксида железа, допированные алюминием, Fe-Me – наночастицы гидроксида железа, допированные тяжелыми металлами

Для частиц, допированных алюминием, эффект усиления токсичности фунгицида наблюдался во всем диапазоне их концентраций. В то же время частицы гидроксида железа в высоких дозах (10 и 20% от исходной суспензии) не привели к увеличению токсичности фунгицида, а в ряде случаев проявили статистически значимый ( $p<0,05$ ) антитоксический эффект (рис. 3).

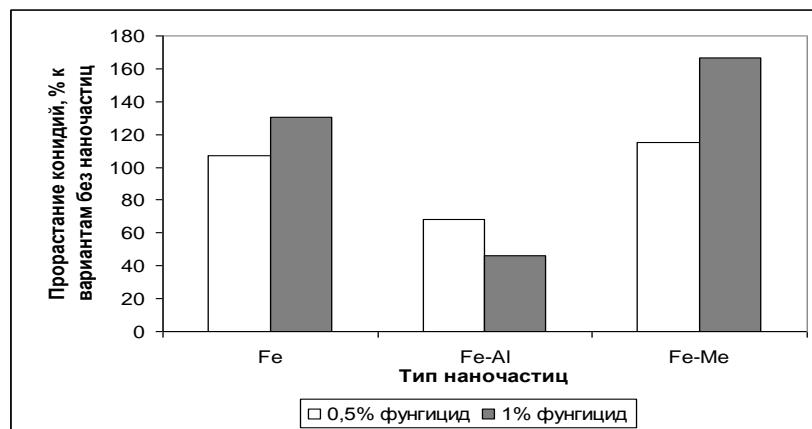


Рис. 3. Влияние наночастиц разного типа в концентрации 20% от исходной суспензии на токсичность 0,5 и 1,0% фунгицида для тест-культуры: Fe – наночастицы гидроксида железа, Fe-Al – наночастицы гидроксида железа, допированные алюминием, Fe-Me – наночастицы гидроксида железа, допированные тяжелыми металлами

Непараметрический дисперсионный анализ Фридмана, проведенный по всем вариантам эксперимента, подтвердил различия между типами наночастиц по способности изменять фунгицидный эффект препарата ( $p<0,001$ ). Таким образом, можно констатировать, что влияние исследуемых наночастиц на фунгицидные свойства тиабендазол-тебуконазолового препарата зависит как от типа частиц, так и от их концентрации. При правильном подборе концентрации частицы гидроксида железа и частицы гидроксида железа, допированные алюминием, способны повышать фунгицидные свойства тиабендазол-тебуконазолового препарата в две и более раза. Это открывает возможность снижения норм расхода фунгицидов, и, как следствие, снижения экологических рисков при зернопроизводстве.

Практический интерес представляет также антитоксический эффект наночастиц, допированных тяжелыми металлами. Этот эффект проявился во всем диапазоне концентраций фунгицида и был максимальен при добавлении 10% препарата наночастиц (рис. 4). Таким образом, наночастицы данного типа могут быть использованы для детоксикации остаточных концентраций фунгицидов в окружающей среде.

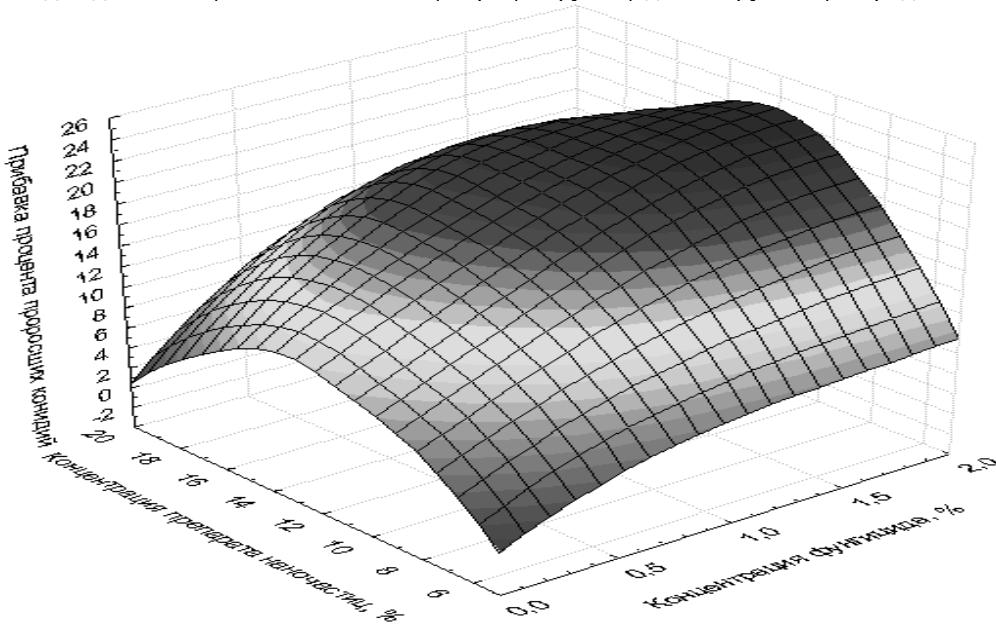


Рис. 4. Поверхность отклика для антитоксического эффекта наночастиц, допированных тяжелыми металлами

## **Выводы**

1. Биогенные наночастицы гидроксида железа и наночастицы гидроксида железа, допированные алюминием статистически значимо, усиливают фунгицидное действие тиабендазол-тебуконазолового препарата "Виал-ТТ".
2. Усиление фунгицидных свойств препарата наблюдается для наночастиц гидроксида железа при их концентрации 5% от исходной суспензии, для наночастиц, допированных алюминием, – в диапазоне концентраций 5–20% от исходной суспензии.
3. Биогенные наночастицы, допированные тяжелыми металлами, проявляют выраженный антитоксический эффект в отношении тиабендазол-тебуконазолового препарата "Виал-ТТ".

## **Литература**

1. Ганнибал Ф.Б. Токсигенность и патогенность грибов рода *Alternaria* для злаков // История и современность / Лаборатория микологии и фитопатологии им. А.А. Ячевского ВИЗР. – СПб., 2007. – С. 82–93.
2. Ганнибал Ф.Б. Виды рода *Alternaria* в семенах зерновых культур в России // Микология и фитопатология. – 2008. – 42(4). – С. 359–368.
3. Антитоксические свойства биогенных наночастиц гидроксида железа в отношении тиабендазол-тебуконазоловых фунгицидов / Е.П. Ланкина [и др.] // Вестн. КрасГАУ. №11. – Красноярск, 2011. – С. 129–133.
4. Пестициды в экосистемах: Проблемы и перспективы: Аналитический обзор. – Новосибирск: СО РАН, ГПНТБ, 1994. – 142 с.
5. Pimentel D., Greiner A. Environmental and socio-economic costs of pesticide use // In: Pimentel, D. ed. Techniques for reducing pesticide use: economic and environmental benefits. Wiley: Chichester, 1997. – P. 51–78.
6. Paul De Costa, Peter Bezerra. Fungicides: Chemistry, Environmental Impact, and Health Effects. Nova Science Publishers, Inc. – NY. – Hauppauge, 2009. – 427 p.



УДК 632.1:6/.4

**А.И. Машанов, Н.А. Бышко**

### **ИДЕНТИФИКАЦИЯ И ХАРАКТЕРИСТИКА ПАТОГЕННЫХ ГРИБОВ, ПОРАЖАЮЩИХ КЛУБНИ КАРТОФЕЛЯ ПРИ ХРАНЕНИИ**

*В статье представлены результаты изучения грибной микрофлоры клубней картофеля, выращенного в Красноярском крае, в период хранения. Определены доминирующие фитопатогены, а также выявлен видовой состав грибов рода *Fusarium*.*

**Ключевые слова:** фузариоз, гниль, фитопатогенные грибы, видовая принадлежность.

**A.I. Mashanov, N.A. Byshko**

### **IDENTIFICATION AND CHARACTERISTICS OF THE PATHOGENIC FUNGI WHICH INVADE POTATO TUBERS IN THE PROCESS OF STORAGE**

*The study results of potato tuber fungus microflora which was grown in Krasnoyarsk region, in the period of storage are given in the article. Dominant phytopathogenes are determined and *Fusarium* genus fungi species composition is revealed.*

**Key words:** fusariosis, rot, phytopathogenic fungi, specific belonging.

Размножение гнилостных микроорганизмов на овощах в процессе их длительного хранения приводит к значительным (более 50 %) потерям сырья, сокращению сроков их хранения, утрате товарного вида и из-