

УДК 632.4.01/.08:633.111.1"324"

ЧЕТВЕРТИЧНЫЕ АММОНИЕВЫЕ СОЕДИНЕНИЯ КАК ИНДУКТОРЫ УСТОЙЧИВОСТИ ОЗИМОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ К КОРНЕВОЙ ГНИЛИ

Михно Л.А., Шутко А.П.

ФГБОУ ВО «Ставропольский государственный аграрный университет», Ставрополь,
e-mail: udovi4encko.mila@yandex.ru

Ставропольский край является зоной высокой вредоносности корневой гнили озимой пшеницы, которая приводит к потерям урожая до 60%, более того, значительно ухудшается качество получаемого зерна. Массовое применение фунгицидов приводит к формированию резистентности у популяций возбудителей болезней растений. Поэтому в настоящее время в системе интегрированной защиты растений практическое значение приобретает индуцированный иммунитет растений. Одной из причин недостаточного практического их использования является недостаточная проработка фундаментальных основ и технологий их эффективного применения. Некоторые химические индукторы болезнеустойчивости проявляют высокую биологическую эффективность в лабораторных условиях (более 95%), но при этом в полевых условиях, где растения постоянно испытывают физиологические стрессы, подвергаются нападению вредных организмов, их эффективность снижается до 60–85%. В статье рассматривается биологическая эффективность четвертичных аммониевых соединений и их комбинации с наносеребром в отношении корневой гнили озимой пшеницы. Приводятся сведения о влиянии четвертичных аммониевых соединений, в том числе баковых смесей с наносеребром на лабораторную всхожесть семян и силу начального роста растений озимой пшеницы. Предпосевная обработка семян озимой пшеницы индуктором иммунитета на основе четвертичного аммониевого соединения с действующим веществом дидецилдиметиламмоний бромид, обогащенным наносеребром (0,15%), в сочетании с обработкой вегетирующих растений в фазу кущения препаратом на основе дидецилдиметиламмоний бромид (концентрация рабочего раствора – 0,3%) снижали развитие корневой гнили в фазу полной спелости в 1,2–1,4 раза по сравнению с контролем.

Ключевые слова: озимая пшеница, корневая гниль, индукторы болезнеустойчивости, фунгициды, четвертичные аммониевые соединения, наночастицы серебра, биологическая эффективность

QUATERNARY AMMONIUM COMPOUNDS AS INDUCTORS OF WINTER SOFT WHEAT RESISTANCE AGAINST ROOT ROT

Mikhno L.A., Shutko A.P.

Stavropol State Agrarian University, Stavropol, e-mail: udovi4encko.mila@yandex.ru

Stavropol Territory is a zone of high damage of winter wheat by root rot, which leads to crop losses of up to 60%, moreover, the quality of the grain is deteriorating significantly. Mass application of fungicides leads to formation of resistance in populations of pathogens of plant diseases. Therefore, at the present time, in the system of integrated plant protection, the induced immunity of plants is of practical importance. One of the reasons for their inadequate practical use is the inadequate elaboration of the fundamental foundations and technologies for their effective application. Some chemical inducers of disease resistance show high biological efficiency in laboratory conditions (more than 95%), but in the field, where plants are constantly experiencing physiological stress, they are attacked by pests, their effectiveness decreases to 60–85%. The article examines the biological effectiveness of quaternary ammonium compounds and their combination with nanosilver in relation to root rot of winter wheat. Information is provided on the effect of quaternary ammonium compounds, including compound with nanosilver, on the laboratory germination of seeds and the initial growth force of winter wheat plants. Pre-sowing treatment of winter wheat seeds with an inducer of immunity based on quaternary ammonium compound with active substance didecyldimethylammonium bromide enriched with nanosilver (0.15%) in combination with treatment of vegetative plants in the tillering phase with a preparation based on didecyldimethylammonium bromide (working solution concentration 0.3%) decreased the development of root rot in the phase of full ripeness in 1.2–1.4 times in comparison with the control.

Keywords: winter wheat, root rot, inducers of disease resistance, fungicides, quaternary ammonium compounds, silver nanoparticles, biological effectiveness

Монокультуры, низкий уровень агро-техники, несоблюдение севооборотов и ресурсосберегающие технологии оказывают существенное влияние на фитосанитарное состояние агроценозов озимой пшеницы, что сопровождается увеличением в почве запаса инфекции, вредителей, а также семян сорных растений [1, 2]. В последние годы довольно широко распространилась и наносит значительный ущерб корневая

гниль зерновых культур различной этиологии. Поражение корневой гнилью приводит к загниванию корневой и прикорневой частей растений, угнетению роста, отмиранию листового аппарата, задержке колошения, гибели продуктивных стеблей, а также щуплости зерна [3].

Ставропольский край является зоной высокой вредоносности корневой гнили озимой пшеницы, которая приводит к по-

терям урожая до 60%, более того, значительно ухудшается качество получаемого зерна [4]. По данным Филиала ФГБУ «Россельхозцентр» по Ставропольскому краю, до 2008 г. на посевах озимой пшеницы преобладали такие виды корневой гнили как фузариозная и гельминтоспориозная, однако, начиная с 2009 г., значительно увеличились площади заражения фузариозной (в 4 раза) и церкоспореллезной (в 3 раза) корневой гнилью. В 2011 г. площадь заражения фузариозной корневой гнилью достигла 1545 тыс. га, а площадь посевов озимой пшеницы, зараженной церкоспореллезной гнилью, увеличилась, по сравнению с 2010 г., в 2,8 раза. В 2014 г. корневой гнилью было поражено 700 тыс. га посевов озимой пшеницы, фузариозная корневая гниль была зарегистрирована на 611,7 тыс. га или 40% от обследованной площади, гельминтоспориозная соответственно – 6%, церкоспореллезная – 8% и ризоктониозная – 2%. В зоне неустойчивого увлажнения на черноземе выщелоченном в структуре комплекса возбудителей корневой гнили озимой пшеницы доминируют грибы pp. *Fusarium* (*F. sporotrichioides*, *F. oxysporum*, *F. solani*, *F. verticillioides*) (<http://rsc26.ru>). Таким образом, очевидно, что системы земледелия, которые сложились в условиях Ставропольского края, в значительной мере способствуют накоплению в почве патогенных грибов.

Массовое применение фунгицидов приводит к формированию резистентности у популяций возбудителей болезней растений. Поэтому в настоящее время в системе интегрированной защиты растений все большее практическое значение приобретает индуцированный иммунитет растений, так как это целесообразно в экологизированных технологиях возделывания сельскохозяйственных культур без применения или при ограниченном применении фунгицидов.

На современном этапе развития науки и практики лишь небольшое количество препаратов, действующим веществом в которых являются синтетические индукторы болезнестойчивости, получило практическое применение в защите растений. Одной из причин их недостаточного практического использования является недостаточная проработка фундаментальных основ и технологий эффективного применения химических индукторов болезнестойчивости. Некоторые химические индукторы болезнестойчивости проявляют высокую биологическую эффективность в лабораторных условиях (более 95%), но при этом в полевых

условиях, где растения постоянно испытывают физиологические стрессы, подвергаются нападению вредных организмов, их эффективность снижается до 60–85%.

У препаратов индукторов болезнестойчивости есть ряд преимуществ и безусловно одним из них является их низкая токсичность для человека и окружающей среды; они практически не вызывают развития к ним устойчивости у фитопатогенных микроорганизмов. Это очень важно, так как в настоящее время у многих экономически важных возбудителей болезней имеются случаи проявления устойчивости ко всем основным группам фунгицидов, которые применяются в сельском хозяйстве, это приводит к снижению эффективности химических фунгицидов [5].

Но кроме преимуществ индукторов болезнестойчивости существуют некоторые недостатки. Например, их активность снижается в кислой среде, они очень легко смываются водой [6].

Повышение устойчивости к болезням и урожайности зерновых культур наблюдается при предпосевной обработке семян производными четвертичных аммониевых соединений [7]. Использование четвертичных аммониевых соединений и разработка технологии их применения совместно с фунгицидами являются, согласно анализу специальной литературы, актуальными.

В.Б. Понизовская, Н.Л. Ребрикова, А.Б. Антропова, В.Л. Мокеева [8, с. 50] заявляют о фунгицидном действии биоцидов на основе четвертичных аммониевых соединений, в то же время С.Л. Тютюрев [9] рассматривает четвертичные аммониевые соединения как вещества, повышающие устойчивость растений к фитопатогенам. В своей работе он отмечает, что работами профессора П.И. Хохлова было доказано, что гидроксиды четвертичных аммониевых соединений прямым действием на патогены не обладают.

Одним из принципиально новых соединений, которые более экологически безопасны и менее токсичны для человека, и являются препараты на основе наночастиц серебра и других металлов. Наночастицы обладают уникальными физическими, химическими и биологическими свойствами [10]. Еще до нашей эры было известно бактерицидное действие серебра, благодаря малым размерам наночастиц, которые обладают развитой поверхностью, что увеличивает число точек соприкосновения с микроорганизмами [11–14].

В настоящее время много работ посвящено получению и изучению свойств наночастиц серебра. Также на основе наночастиц сейчас разрабатывают разнообразные промышленные товары с бактерицидными свойствами, но, несмотря на то, что бактерицидные свойства наночастиц серебра изучены хорошо, их применению в фитопатологии посвящено мало работ.

Цель исследования: изучение биологической эффективности четвертичных аммониевых соединений и их комбинаций с наносеребром в отношении фузариозной корневой гнили озимой пшеницы.

Материалы и методы исследования

Изучение влияния использования иммуногенетических методов в системе защиты озимой пшеницы от корневой гнили проводили в 2014–2017 с.-х. гг. Лабораторные опыты проводились в лаборатории фитосанитарного мониторинга при кафедре химии и защиты растений ФГБОУ ВО «Ставропольский ГАУ», а полевые в условиях учебно-опытной станции Ставропольского ГАУ, которая по агроклиматическому районированию относится к зоне неустойчивого увлажнения (тип почвы – чернозем выщелоченный). Полевой опыт закладывался на озимой мягкой пшенице сорта Писанка, рекомендованного для возделывания в Северо-Кавказском регионе.

В качестве четвертичных аммониевых соединений был использован препарат с действующим веществом дидецилдиметиламмоний бромид (содержание действующего вещества 6,0%), который, по данным Ставропольского НИИ животноводства и кормопроизводства (2011), оказывает фунгицидное действие на патогенные грибы, способные развиваться в хранящейся массе кормов, в том числе на грибы родов *Fusarium*, *Aspergillus* и др., способные вызывать заболевания вегетирующих растений.

В коллоидном растворе наносеребра в качестве носителя использовался полимер поливинилпирролидон с молярной массой 8000, который агрегатировался с наночастицами серебра размером 50 нм. Препарат был синтезирован учеными Северо-Кавказского федерального университета в лаборатории кафедры технологии наноматериалов. Там же был получен новый образец препарата на основе наночастиц серебра диаметром 100 нм, стабилизированных четвертичным соединением аммония.

В качестве контроля служил вариант с обработкой чистой водой, в качестве эта-

лона – универсальный двухкомпонентный системный фунгицидный протравитель с действующими веществами: дифеноконазол (30г/кг) + ципроконазол (6,3 г/кг).

Площадь делянки – 4 м². Повторность – трехкратная. Размещение вариантов – систематическое. Размещение делянок – многоярусное. Обработка семян проводилась согласно схеме опыта. В фазу разворачивания флагового листа проводили опрыскивание вегетирующих растений препаратом на основе дидецилдиметиламмоний бромида (концентрация рабочего раствора – 0,3%) методом расщепленной делянки.

Поражаемость озимой пшеницы корневой гнилью определяли в соответствии с утвержденными Всероссийским НИИ защиты растений методиками (2009). Статистическая обработка результатов исследований проводилась стандартными методами дисперсионного анализа.

Результаты исследования и их обсуждение

Возбудители семенной инфекции поражают проростки растений, вызывая их ослабление, а в некоторых случаях и гибель. Ослабленные растения подвергаются дополнительному риску заражения патогенной микрофлорой, в том числе возбудителями корневой гнили.

Предпосевная обработка семян – эффективный, экономически оправданный и экологически малоопасный способ защиты растений от широкого круга возбудителей болезней на ранних этапах развития культуры. Известно, что посев протравленными семенами способствует лучшей перезимовке растений и получению более стабильных урожаев зерна.

Исследования биологической эффективности в отношении корневой гнили озимой пшеницы позволили установить, что применение четвертичных аммониевых соединений с различной нормой применения, в том числе в комбинации с наносеребром, не оказывает отрицательного воздействия на потенциал всхожести семян, а также силу их начального роста (табл. 1).

Установлено, что в зависимости от обработки энергия прорастания семян озимой пшеницы была различная. В результате исследований подтвердились научные данные некоторых исследователей о ретардантном воздействии дифеноконазола на процесс прорастания семян. Выявлено преимущество варианта опыта с применением препарата на основе действующего вещества

дидецилдиметиламмоний бромид, обогащенного наносеребром (0,15%), в сравнении с более высокой концентрацией наносеребра (0,3%). Положительный эффект отмечался только при самостоятельном применении, а в баковой смеси с фунгицидом выявлен эффект обратного действия [15].

Предпосевная обработка семян оказала влияние на поражаемость озимой пшеницы корневой гнилью. Первый учет на пораженность озимой пшеницы корневой гнилью проводили в фазу конец кущения – начало трубкования (табл. 2).

Данные табл. 2 свидетельствуют, что распространенность корневой гнили варьировала в зависимости от предпосевной обработки семян. Данный показатель колебался от 95,0 до 100%.

К концу вегетации распространенность заболевания достигла по всем вариантам практически 100%, а развитие находилось выше экономического порога вредоносности (ЭПВ), который равен 10–15%.

На контроле развитие болезни превысило ЭПВ практически в 2 раза. При применении композиции с наносеребром (0,3% или 0,03 л/т) показатели «распространенность» и «развитие болезни» превысили таковые показатели при применении более низкой концентрации наносеребра (0,15% или 0,015 л/т). Эти данные подтвердили результаты лабораторных исследований

о токсичном воздействии препарата наносеребра в концентрации (0,3%) по сравнению с концентрацией 0,15%, что приводит к нивелированию стимулирующего эффекта дидецилдиметиламмоний бромид.

Самая высокая биологическая эффективность выявлена при применении химического пестицида с действующими веществами дифеноконазол + ципроконазол. Дифеноконазол из класса азолов оказывает ингибирующее воздействие на синтез стероидов (в том числе – эргостерола), нарушает элангацию ростовых трубок фитопатогенных грибов, дифференциацию клеток и рост вегетативного мицелия. Он обладает широким спектром действия на фитопатогены, проявляет росторегулятивные свойства. Проникновение дифеноконазола в семена и ростки происходит постепенно, в начале вегетационного периода активность препарата отличается стабильностью, что очень важно для молодого растения.

Что касается препарата на основе четвертичного аммониевого соединения с действующим веществом дидецилдиметиламмоний бромид, обогащенного наносеребром (0,15%), то развитие корневой гнили в фазу полной спелости в 1,2–1,4 раза меньше по сравнению с контролем, так как наносеребро взаимодействует с грибами, уничтожает и подавляет их рост, обеспечивая тем самым защиту от поражения со стойким антисептическим и антибактериальным эффектом.

Таблица 1

Энергия прорастания и лабораторная всхожесть семян озимой пшеницы в зависимости от обработки биологически активными веществами (среднее за 2014–2017 гг.)

| Вариант | Норма применения, кг(л) / т | Энергия прорастания, % | Лабораторная всхожесть, % |
|--|-----------------------------|------------------------|---------------------------|
| Контроль (обработка водой) | – | 60 | 84 |
| Дифеноконазол (30 г/кг) + ципроконазол (6,3 г/кг) – эталон | 1,0 | 68 | 90 |
| Дифеноконазол (30 г/кг) + ципроконазол (6,3 г/кг) + коллоидный раствор наносеребра | 1,0 0,2 | 58 | 92 |
| Дифеноконазол (30 г/кг) + ципроконазол (6,3 г/кг) дидецилдиметиламмоний бромид | 1,0 0,015 | 82 | 92 |
| Дифеноконазол (30 г/кг) + ципроконазол (6,3 г/кг) + дидецилдиметиламмоний бромид | 1,0 0,03 | 58 | 86 |
| Дидецилдиметиламмоний бромид, обогащенный наносеребром | 0,015 | 90 | 96 |
| Дидецилдиметиламмоний бромид, обогащенный наносеребром | 0,03 | 56 | 82 |
| Дидецилдиметиламмоний бромид | 0,015 | 88 | 98 |
| Дидецилдиметиламмоний бромид | 0,03 | 94 | 98 |
| Дифеноконазол (30 г/кг) + ципроконазол (6,3 г/кг) + дидецилдиметиламмоний бромид, обогащенный наносеребром | 1,0 0,015 | 56 | 92 |
| Дифеноконазол (30 г/кг) + ципроконазол (6,3 г/кг) + дидецилдиметиламмоний бромид, обогащенный наносеребром | 1,0 0,03 | 74 | 94 |
| НСР ₀₅ | | 13,0 | 4,2 |

Таблица 2

Биологическая эффективность предпосевной обработки семян в сочетании с обработкой вегетирующих растений дидецилдиметиламмония бромидом в отношении корневой гнили озимой пшеницы (среднее за 2014–2017 гг.)

| Вариант | Норма применения, кг(л) / т | Фаза кушения (до обработки) | | Фаза полной спелости | |
|--|-----------------------------|-----------------------------|-------------|-----------------------|-------------|
| | | Распространенность, % | Развитие, % | Распространенность, % | Развитие, % |
| Контроль (обработка водой) | – | 100,0 | 3,34 | 100,0 | 19,29 |
| Дифеноконазол (30 г/кг) + ципроконазол (6,3 г/кг) – эталон | 1,0 | 95,1 | 3,16 | 98,32 | 13,38 |
| Дифеноконазол (30 г/кг) + ципроконазол (6,3 г/кг) + коллоидный раствор наносеребра | 1,0 0,2 | 100,0 | 3,31 | 100,0 | 14,31 |
| Дифеноконазол (30 г/кг) + ципроконазол (6,3 г/кг) + дидецилдиметиламмоний бромид | 1,0 0,015 | 97,96 | 3,25 | 99,10 | 14,06 |
| Дифеноконазол (30 г/кг) + ципроконазол (6,3 г/кг) + дидецилдиметиламмоний бромид | 1,0 0,03 | 100,0 | 3,31 | 100,0 | 15,41 |
| Дидецилдиметиламмоний бромид, обогащенный наносеребром | 0,015 | 96,44 | 3,19 | 98,89 | 11,21 |
| Дидецилдиметиламмоний бромид, обогащенный наносеребром | 0,03 | 100,0 | 3,33 | 100,0 | 14,58 |
| Дидецилдиметиламмоний бромид | 0,015 | 100,0 | 3,33 | 100,0 | 14,75 |
| Дидецилдиметиламмоний бромид | 0,03 | 98,04 | 3,25 | 99,44 | 15,07 |
| Дифеноконазол (30 г/кг) + ципроконазол (6,3 г/кг) + дидецилдиметиламмоний бромид, обогащенный наносеребром | 1,0 0,015 | 96,44 | 3,19 | 99,59 | 14,37 |
| Дифеноконазол (30 г/кг) + ципроконазол (6,3 г/кг) + дидецилдиметиламмоний бромид, обогащенный наносеребром | 1,0 0,03 | 97,95 | 3,25 | 99,43 | 14,15 |
| НСР ₀₅ | | 1,64 | 0,06 | 0,87 | 2,03 |

Заключение

Применение препаратов, созданных на основе четвертичного аммониевого соединения, обогащенных наносеребром, – это метод эффективной борьбы с фитопатогенами. Таким образом, применение индукторов болезнестойчивости растений является одним из эффективных приемов фитосанитарной оптимизации растениеводства и его необходимо включить в антирезистентную систему интегрированной защиты.

Список литературы / References

1. Шутко А.П., Тутуржанс Л.В., Михно Л.А. Особенности фитосанитарного состояния посевов озимой пшеницы в условиях агроландшафтного земледелия (на примере Ставропольского края) // Эволюция и деградация почвенного покрова: сборник научных статей по материалам IV Международной научной конференции (13–15 октября 2015 г.). Ставрополь: Агрус, 2015. С. 373–376.

Shutko A.P., Tuturzhans L.V., Mikhno L.A. Features of a phytosanitary condition of crops of a winter wheat in the conditions of agrolandscape agriculture (on the example of Stavropol Krai) // Evolution and degradation of a soil cover: sbornik nauchnyx statej po materialam IV Mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii (13–15 oktyabrya 2015 g.). Stavropol': Agrus, 2015. P. 373–376 (in Russian).

2. Шутко А.П., Тутуржанс Л.В. Фузариоз колоса в Ставропольском крае // Эпидемии болезней растений:

мониторинг, прогноз, контроль: материалы международной конференции. Большие Вяземы, 2017. С. 105–109.

Shutko A.P., Tuturzhans L.V. Fusarium head blight in Stavropol territory // Epidemics of diseases of plants: monitoring, forecast, control: materialy` mezhdunarodnoj konferencii. Bol'shie Vyazemy', 2017. P. 105–109 (in Russian).

3. Санин С.С., Назарова Л.Н., Стрижекозин Ю.А., Корнева Л.Г., Жохова Т.П., Полякова Т.М., Копорова Т.И. Фитосанитарная обстановка на посевах пшеницы в Российской Федерации (1991–2008 гг.) // Защита и карантин растений. 2010. № 2. С. 69–80.

Sanin S.S., Nazarova L.N., Strizhekozin Yu.A., Korneva L.G., Zhokhova T.P., Polyakova T.M., Koporova T.I. A phytosanitary situation on crops of wheat in the Russian Federation (1991–2008) // Zashhita i karantin rastenij. 2010. № 2. P. 69–80 (in Russian).

4. Ченикалова Е.В., Черкашин В.Н., Годунова Е.И., Мохрин А.А. Вредители и болезни сельскохозяйственных растений Ставропольского края. Ставрополь: АГРУС, 2017. 232 с.

Chenikalova E.V., Cherkashin V.N., Godunova E.I., Mokhrin A.A. Wreckers and diseases of agricultural plants of Stavropol Krai. Stavropol: AGRUS, 2017. 232 p. (in Russian).

5. Тютерева С.Л. Природные и синтетические индукторы устойчивости растений к болезням. СПб.: ВИЗР, 2014. 212 с.

Tyuterev S.L. Natural and synthetic inducers of resistance of plants to diseases. SPb.: VIZR, 2014. 212 p. (in Russian).

6. Кузнецова Л.С. «Полисефт» – полимерный биоцид пролонгированного действия. М.: МГУПБ, 2001. 170 с.

Kuznetsova L.S. «Poliseft» – a polymeric biocide of the prolonged action. M.: MGUPB, 2001. 170 p. (in Russian).

7. Лодочкин И.П., Хохлов П.С., Никитюк А.Д., Тютюрев С.Л. Гидроксиды четвертичных аммонийных оснований – индукторы устойчивости растений риса к пирикулярнозу // *Бюллетень ВИЗР*. 1998. № 78–79. С. 41–44.
- Lodockin P.I., Chochlov P.S., Mikituk A.D., Tyuterev S.L. Hydroxides of ammonium tetrabases induce rice resistance to pyricularious // *Byulleten' VIZR*. 1998. № 78–79. P. 41–44 (in Russian).
8. Понизовская В.Б., Ребрикова Н.Л., Антропова А.Б., Мокеева В.Л. Сравнение эффективности фунгицидного действия биоцидов на основе наночастиц серебра, четвертичных аммониевых и полигуанидиновых соединений // *Микология и фитопатология*. 2016. Т. 50. № 1. С. 43–51.
- Ponizovskaya V.B., Rebrikova N.L., Antropova A.B., Mokeeva V.L. Comparison of the antifungal activity of bio-cides based on nanosilver particles, quaternary ammonium and polyguanidine compounds // *Mikologiya i fitopatologiya*. 2016. T. 50. № 1. P. 43–51 (in Russian).
9. Тютюрев С.Л. Научные основы индуцированной болезнестойчивости растений. СПб., 2002. 328 с.
- Tyuterev S.L. Scientific bases of the induced the resistance to diseases of plants. SPb., 2002. 328 p. (in Russian).
10. Мирошникова А.И. Разработка и экспериментальное обоснование применения нового дезинфицирующего средства: автореф. дис. ... канд. вет. наук. Ставрополь, 2016. 22 с.
- Miroshnikova A.I. Development and experimental justification of use of new disinfectant: avtoref. dis. ... kand. vet. nauk. Stavropol, 2016. 22 p. (in Russian).
11. Sharma V.K., Yngard R.A., Lin Y. Silver nanoparticles: Green synthesis and their antimicrobial activities. *Adv Colloid Interface Sci*. 2009. № 145. P. 83–96.
12. Ganachari S.V., Bhat R., Deshpande R., Venkataraman A. Extracellular biosynthesis of silver nanoparclles using fungi *Penicillium diversum* and their antimicrobial activity studies // *BioNanoScience*. 2012. № 2(4). P. 316–321.
13. Panacek A., Kvitek L., Pucek R., Kolar M., Vecerova R., Pizurova N., Sharma V.K., Nevecna T., Zboril L. Silver colloid nanoparticles: synthesis, characterization, and their antibacterial activity // *J. Phys. Crem B*. 2006. P. 16248–16253.
14. Rai M., Yadav A., Gade A. Silver nanoparticles a new generaion of antimicrobials. *Biotechnol. Adv*. 2009. № 27. P. 76–83.
15. Михно Л.А. Влияние четвертичных аммонийных соединений и их комбинаций с наносеребром на лабораторную всхожесть семян озимой пшеницы // *Научное обеспечение агропромышленного комплекса молодыми учеными: сборник научных статей по материалам Всероссийской науч.-практич. конф., посвященной 85-летию юбилею СтГАУ*. (г. Ставрополь, 16–22 апреля 2015 г.). Ставрополь: Агрус, 2015. С. 61–63.
- Mikhno L.A. Influence of quarternary ammoniyny connections and their combinations with nanosilver on laboratory viability of seeds of a winter wheat // *Scientific providing agro-industrial complex with young scientists: sbornik nauchny`x statej po materialam Vserossijskoj nauch.-praktich. konf., posvyashhennoj 85-letnemu yubileyu StGAU*. (g. Stavropol, 16–22 aprelya 2015 g.). Stavropol: Agrus, 2015. P. 61–63 (in Russian).