

Толщина кутикулы и слизистой оболочки мышечного желудка у представленных видов диких птиц неодинаковая. Наибольшее значение она имела у озерной чайки (всеядный тип), наименьшее – у серого гуся (растительноядный тип). Данную корреляцию можно объяснить физиологическими особенностями пищеварения в данном отделе пищеварительной трубки (сильная или слабая необходимость перетирать корм).

**Литература.** 1. Александровская, О. В. Цитология, гистология и эмбриология / О. В. Александровская, Т. Н. Радостина, Н. А. Козлов. – Москва : Агропромиздат, 1987. – 447 с. 2. Беляева, Н. П. Морфологические особенности железистого желудка и двенадцатиперстной кишки птиц разных трофических групп / Н. П. Беляева, Т. С. Кубатбеков, А. Э. Семак // Вестник Ошского государственного университета. Сельское хозяйство: агрономия, ветеринария и зоотехния. – 2022. – № 1. – С. 27-34. – DOI 10.52754/16948696\_2022\_1\_3. 3. Журов, Д. О. Гистологическая структура и морфометрические показатели органов пищеварения ястреба-перепелятника (*Accipiter nisus*) / Д. О. Журов, С. В. Николаев // Животноводство и ветеринарная медицина. – 2023. – № 1 (48). – С. 46-51. 4. Журов, Д. О. Гистологическое строение и морфометрические показатели желудка и тонкого кишечника озерной чайки / Д. О. Журов, К. В. Старс // Актуальные проблемы интенсивного развития животноводства : сборник научных трудов. – 2024. – Вып. 27, в 2-х ч. - Ч. 2. – С. 204-211. 5. Налетова, Л. А. Анатомо-гистологическая характеристика железистого желудка кур и гусей / Л. А. Налетова // Вестник Бурятского государственного университета. Биология, география. – 2013. – № 4. – С. 186-188. 6. Никитченко, Д. В. Гистологическая характеристика железистого и мышечного желудков петухов породы плимутрок в постэмбриональном онтогенезе / Д. В. Никитченко, В. Е. Никитченко, Л. И. Вемпер // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агрономия и животноводство. – 2015. – № 3. – С. 69-76. 7. Отбор образцов для лабораторной диагностики бактериальных и вирусных болезней животных / И. Н. Громов [и др.]. – Витебск : УО ВГАВМ, 2020. – 64 с. 8. Прибытов, И. В. Макро-микроморфология железистого и мышечного отделов желудка, его кровоснабжение и иннервация у птиц из отряда курообразные : специальность 16.00.02 : автореф. дисс. ... канд. биол. наук / И. В. Прибытов. – Оренбург, 2007. – 18 с. 9. Саркисов, Д. С. Микроскопическая техника : рук. для врачей и лаборантов / Под редакцией Д. С. Саркисова, Ю. Л. Петрова. – Москва : Медицина, 1996. – 544 с. 10. Харченко, Л. П. Закономерности морфо-функциональной организации пищеварительной системы птиц с различной трофической специализацией: анатомо-гистологическое строение органов пищеварительной системы диких птиц / Л. П. Харченко, М. Ф. Ковтун // Орнитология. – 2011. – № 36. – С. 27-38. 11. Ogunkoia, Y. O. Histomorphology of the proventriculus of three species of Australian Passerines: *Lichmera indistincta*, *Zosterops lateralis* and *Poephila guttata* / Y. O. Ogunkoia, R. D. Cook // *Anatomia Histologia Embryologia*. – 2009. - № 38. – P. 246-253. 12. Sassi, P. L. Spatial and seasonal plasticity in digestive morphology of cavies (*Microcavia australis*) inhabiting habitats with different plant qualities / P. L. Sassi, C. E. Borghi, F. Bozinovic // *Journal of Mammal*. – 2007. - № 88. – P. 165-172.

Поступила в редакцию 09.10.2024.

УДК 619:597.22

## ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ОПТИМИЗИРОВАННОГО ЯЧМЕННОГО СУСЛА НА ПОГРУЖНОЙ РОСТ ДЕРМАТОФИТОВ

Зайцева В.В.

УО «Витебский государственный медицинский университет», г. Витебск, Республика Беларусь

Установлена зависимость между мицелле- и спорообразованием у *Tr. verrucosum* № 130 и *Tr. mentagrophytes* № 135 и содержанием углеводов в ячменном сусле и дозой инокулята. Максимальная продукция мицелия и микроконидий отмечалась у грибов трихофитона на средах, содержащих 3,0 % углеводов и при внесении 5 % инокулята. **Ключевые слова:** трихофитон, инокулят, биомасса гриба, микроконидии, спорообразование.

## EVALUATION OF THE EFFECT OF OPTIMIZED BARLEY WORT ON SUBMERSIBLE GROWTH OF DERMATOPHYTES

Zaitseva V.V.

Vitebsk State Medical University, Vitebsk, Republic of Belarus

The relationship between mycelium and sporulation in *Tr. verrucosum* № 130 and *Tr. mentagrophytes* № 135 and the carbohydrate content in barley wort and the inoculum dose was established. The maximum production of mycelium and microconidia was observed in trichophyton fungi on media containing 3.0% carbohydrates and with the introduction of 5 % inoculum. **Key words:** trichophyton, inoculum, fungal biomass, microconidia, sporulation.

**Введение.** Основной возбудитель трихофитии крупного рогатого скота, по общепринятому мнению, *Trichophyton verrucosum*. Однако авторы отечественной и зарубежной литературы неоднократно ссылаются на поражение данного вида животных как *Trichophyton mentagrophytes*, так и другими видами дерматофитов [6, 7, 9]. Несмотря на то, что среди зоофильных дерматофитов существует узкая специализация грибов к определенным видам животных, передача возбудителя от

основного хозяина к случайному и наоборот имеет место. Сведения о видовом составе возбудителей дерматофитозов необходимы для правильного эпизоотологического анализа этих заболеваний и проведения мер профилактики и борьбы.

Микологическим исследованием при трихофитии крупного рогатого скота в РБ в 85,19 % случаев регистрируется *Tr. verrucosum*, в 11,1 % – *Tr. mentagrophytes*, в 3,7 % – наблюдается совместное инфицирование обоими видами дерматофитов [1].

Для образования конидий *Trichophyton verrucosum*, как и другим несовершенным грибам, необходимы соответствующие условия: оптимальный компонентный состав среды, температура культивирования, аэрация, объем вносимого посевного материала. Поэтому именно по этим показателям проводят оптимизацию питательной среды для культивирования гриба *Tr. verrucosum* на жидкой среде в глубинных условиях.

Все известные способы изготовления вакцин против микозов основаны на культивировании грибов только поверхностным способом [7, 8, 10]. Вместе с тем, как известно, такой способ выращивания в промышленных масштабах микроорганизмов по современным требованиям биотехнологии считается нетехнологичным и низкорентабельным.

В процессе роста на твердых питательных средах и при снятии с поверхности агаризованной среды элементы гриба могут контаминировать производственные помещения, а процесс культивирования штамма гриба длится при температуре 28–30 °С более 20 суток и является трудоемким.

Также известны отдельные исследования по культивированию гриба *Trichophyton verrucosum* (синоним *Trichophyton faviforme*) глубинным способом, которые посвящены оценке динамики накопления и показывают, что наибольший рост достигнут за 21 сутки [3, 4, 5, 11, 12].

Вышеуказанные авторы дали оценку динамики накопления биомассы гриба трихофитона, изучили ее антигенные свойства. Вместе с тем, как отмечают авторы исследований, элементы гриба трихофитона, полученные на предложенных жидких питательных средах, обладали низкой иммуногенностью. Таким образом, из изложенного следует, что в настоящее время актуальной задачей остается разработка управляемого жидкофазного культивирования гриба трихофитон.

Учитывая отмеченное, целью наших исследований было разработать технологию культивирования гриба *Trichophyton* в глубинных условиях на основе создания новой питательной среды и оптимизированных условий его развития.

**Материалы и методы исследований.** Приготовление ячменного солода. Для приготовления пивного сусла использовали следующее сырье: мелкоизмельченное сухое пророщенное зерно ячменя (солод) – 2 кг; вода питьевая – 10,0 кг.

Смесь нагревали до 54 °С, тщательно перемешивая в течение 20 мин. (белковая пауза). Затем температуру смеси доводили до 63 °С (за 1 мин. температура смеси должна плавно повышаться на 1 °С) и инкубировали при этой температуре 30 мин. (мальтозная пауза).

В последующем температуру смеси доводили до 70 °С и выдерживали при этой температуре 1 час (осахаривание). После этого сусло выдерживали при температуре +10+15 °С в течение 3 часов. Образовавшийся надсадок декантировали и фильтровали.

Сусло контролировали на полноту осахаривания в спиртовом растворе йода. Кислотное число сусла определяли титрованием с 0,1 н раствором гидроокиси натрия.

Значение pH контролировали потенциометрически в соответствии с инструкцией, прилагаемой к pH-метру.

Содержание углеводов устанавливали по Баллингу с помощью прибора сахарометра в соответствии с инструкцией, прилагаемой к нему.

Важной мерой повышения производительности процесса для получения высококачественного солода и на его основе сусла является оптимизация режимов замачивания и проращивания зерна, в том числе, с использованием биологически активных препаратов из природного сырья.

Использовали зерно ячменя пивного и приготовленный из него солод. Для солодоращения использовали экстракт куколки дубового шелкопряда (ЭКДШ) и экстракт расплода пчел (ЭРП).

**Подготовка посевного материала.** Одним из важнейших параметров биотехнологических процессов, основанных на культивировании микроорганизмов, является инокулят, т.е. посевной материал. Оптимальная доза посевного материала обеспечивает сокращение лаг-фазы, увеличение продуктивности гриба и сокращение времени его роста.

Оптимизация метода получения посевного материала гриба трихофитона позволит повысить технологичность производства вакцин против трихофитии. Для получения посевного материала использовали сусло-агар, приготовленный нами по оптимизированному методу [2].

Значение pH сусла после стерилизации составляло 7,1–7,4. Культуру гриба трихофитона выращивали на сусло-агаре в течение 21 суток при температуре (20±2)°С и (28±2)°С. С поверхности сусло-агара гриб снимали в асептических условиях и ресуспендировали в растворителе специального состава до содержания 50 млн микроконидий/см<sup>3</sup>. В жидкую питательную среду вносили посевной материал в объеме 10 %, 5 % и 2,5 %.

**Приготовление питательной среды.** В сусло ячменное с содержанием разного количества сахаров вносили следующие компоненты, мг/дм<sup>3</sup>: 20–200 цинк сульфата; 20–200 марганец хлорида; 200–1000 магния хлорида; 4–20 хлорида кобальта; 1000–10 000 КН<sub>2</sub>РO<sub>4</sub>; 15 хлорид железа; 100–500

калия хлорида; 100–1500 кальций азотнокислый; 20–100 тиамин хлорид (витамин В<sub>1</sub>); 2,5–25,0 меди сульфат.

*Методы оптимизации жидкофазного выращивания гриба.* Готовили сусло ячменное с содержанием 1,5; 3,0 и 6,0 % углеводов. Однозначно установлено влияние физико-химических условий, температуры, количества и соотношения микроэлементов, ионной силы питательной среды на метаболизм углеводов.

В зависимости от состава минеральных компонентов, концентрации углеводов, температуры и других факторов пути биохимического превращения и накопления энергии и сам состав может варьировать в широких пределах.

При отработке технологических параметров культивирования гриба была проведена работа по установлению оптимальных значений аэрации и массообмена. Для оценки влияния аэрации на развитие гриба трихофитона вносили в колбы разные объемы жидкой среды и регулировали подачу воздуха путем регуляции вращения мешалки в ферменторах (или платформы качалок). Для отработки режима аэрации среду в объеме 100 см<sup>3</sup> вносили в колбы емкостью 750 см<sup>3</sup>, число оборотов качалки составило 125 об/мин.

*Контроль культуры гриба. Определение количества элементов гриба.* Подсчет количества элементов гриба осуществляли в предварительно разведенной суспензии гриба при помощи камеры Горяева и микроскопа. Для этого выращенную суспензию гриба разводили физиологическим раствором в соотношении 1:39. Далее набирали пипеткой приготовленное разведение суспензии гриба и заполняли обе сетки камеры Горяева. Подсчет элементов гриба (макро- и микроконидий, фрагменты мицелия) производили в 5 больших квадратах каждой сетки камеры: четырех угловых и в одном центральном. Данные, полученные по каждой сетке, суммировали, делили на 2 и умножали на 40×25×10<sup>4</sup>. Конечный результат соответствовал количеству элементов гриба в 1 см<sup>3</sup> культуры гриба.

*Определение количества жизнеспособных элементов гриба.* Для проведения теста готовили разведения культуры и высевали на сусло-агар. Посевы культуры инкубировали в термостате при температуре 26–28°C в течение 10 суток и производили визуальный подсчет количества образовавшихся колоний.

*Оборудование и материалы:* термостат, обеспечивающий температуру нагрева 26–28°C; пробирки стеклянные по ГОСТ 25336; пипетки вместимостью 1, 2, 5 и 10 см<sup>3</sup> по ГОСТ 29230; чашки Петри; сусло-агар.

*Проведение испытания.* Отбирали 5 см<sup>3</sup> культуры гриба. Предварительно в 6 пробирок помещали по 4,5 см<sup>3</sup> стерильного физиологического раствора. Далее пипеткой отбирали 0,5 см<sup>3</sup> культуры гриба и вносили в первую пробирку, перемешивали содержимое пробирки и новой пипеткой брали 0,5 см<sup>3</sup> приготовленного разведения культуры гриба и переносили во вторую пробирку и т.д., то есть готовили разведения от 10<sup>-1</sup> до 10<sup>-6</sup>.

Из разведения культуры 10<sup>-6</sup> пипеткой набирали 0,5 см<sup>3</sup> суспензии и засеивали в каждую из трех чашек Петри с сусло-агаром. Легким покачиванием чашки равномерно распределяли суспензию гриба по поверхности питательной среды. Засеянные чашки помещали в термостат при температуре 26–28°C на 10 суток.

*Обработка результатов.* Количество выросших колоний подсчитывали на 10 сутки визуально. Суммировали выросшие колонии в трех чашках Петри. Далее полученную сумму делили на 3 и умножали на 10<sup>6</sup> (степень разведения) и еще на 2. Полученный результат соответствует количеству жизнеспособных элементов гриба в 1,0 см<sup>3</sup> суспензии гриба.

*Определение сухой массы мицелия.* Аппаратура, посуда и реактивы: сушильный шкаф с терморегулирующим устройством любой марки; весы лабораторные общего назначения с верхним пределом взвешивания 200 г, 2 класса точности по ГОСТ 24104; пипетки по ГОСТ 29252; бюксы по ГОСТ 25336; эксикаторы по ГОСТ 25336.

Суспензию культуры гриба в объеме 10 см<sup>3</sup> центрифугировали для отделения культуральной жидкости. Осадок мицелия гриба трехкратно промывали 10-кратным объемом дистиллированной воды путем центрифугирования. Мицелий гриба далее помещали в предварительно взвешенный бюкс. Бюкс с сырым мицелием высушивали при температуре (100–105) °С до постоянной массы, помещали на 2 часа в эксикатор для охлаждения и взвешивали.

*Обработка результатов.* Массу сухого мицелия в культуре гриба в процентах вычисляли по формуле:

$$X = \frac{(M_2 - M) \times 10}{(M_1 - M)},$$

где 10 – коэффициент для пересчета, %;

M – масса пустого бюкса с крышкой, г;

M<sub>1</sub> – масса бюкса с крышкой и суспензии мицелия до высушивания, г;

M<sub>2</sub> – масса бюкса с крышкой и мицелием после высушивания, г.

Проводили два параллельных определения. За окончательный результат испытания принимали среднее арифметическое двух параллельных определений. Допускали расхождение между результатами параллельных определений до  $\pm 0,2$  %.

**Результаты исследований.** В качестве объекта использовали грибы рода трихофитон: *Tr. verrucosum* № 130 и *Tr. mentagrophytes* № 135.

Поскольку до настоящего времени имеются единичные сообщения по глубинному культивированию гриба *Trichophyton*, мы начали свои исследования с оптимизации питательной среды на основе ячменного сусла, подбора режимов и параметров культивирования в жидкой питательной среде. В качестве источника углерода и энергии гриб трихофитон усваивал из среды сахара, содержащиеся в ячменном сусле.

Варианты питательных сред готовили путем внесения в них разных количеств углеводов и минеральных компонентов, а их эффективность оценивали по интенсивности развития гриба в них. В качестве минеральных компонентов среды апробировали разные соотношения цинка сульфата, марганца и магния хлорида, хлорида железа и кобальта, кальция азотнокислого, калия хлорида, тиамин хлорида и калия фосфорнокислого однозамещенного.

В ходе проведенных предварительных экспериментов была подобрана питательная среда на основе сусла, содержащая следующие минеральные компоненты, мг/дм<sup>3</sup>: цинк сульфат – 20,0; марганец хлорид – 20,0; магния хлорид – 200,0; кобальта хлорид – 4,0; калия фосфорнокислый однозамещенный – 1000,0; железа хлорид – 5,0; калия хлорид – 500,0; кальция азотнокислый – 50,0; тиамин хлорид – 20,0; меди сульфат – 2,5.

В предварительных исследованиях мы выбрали оптимальную дозу посевного материала. Для этого культуру гриба трихофитона, выращенную на оптимизированном сусло-агаре с использованием растворителя специального состава, через 15 суток роста снимали и ресуспендировали в сусло до содержания 50 млн микроконидий/см<sup>3</sup>. В питательную жидкую среду посевной материал вносили в объеме 10; 5 и 2,5 %. В качестве питательной среды использовали сусло, содержащее 6; 3 и 1,5 % углеводов.

Грибы выращивали при температуре 28 °С в течение 72 часов и скорости вращения платформы шейкера 100 об/мин. В полученных образцах культур грибов определяли содержание мицелия в %, микроконидий млн/см<sup>3</sup> и их жизнеспособность в %.

Результаты исследований сведены в таблицах 1–6. Так, в таблицах 1–3 представлены данные мицелле- и спорообразования у *Tr. verrucosum* № 130 на средах с разным содержанием углеводов.

**Таблица 1 – Влияние разного количества посевного материала на выход биомассы и спорогенез гриба *Tr. verrucosum* № 130 в среде из ячменного сусла, содержащего 1,5 % углеводов**

№ опыта	Количество внесенного посевного материала, %	Содержание микроконидий в среде после засева, млн/см <sup>3</sup>	Концентрация сухого мицелия в конце роста, %	Содержание микроконидий в конце роста, млн/см <sup>3</sup>	Жизнеспособность микроконидий, %
1–4	9,88±0,28	4,9±0,14	0,55±0,017	12,3±1,4	21,5±1,97
2–8	5,0±0,28	2,5±0,14	0,56±0,017	12,0±1,12	21,8±1,4
9–12	2,5±0,14	1,25±0,07	0,33±0,014	9,0±0,84	22,0±1,12

**Таблица 2 – Влияние разного количества посевного материала на выход биомассы и спорогенез гриба *Tr. verrucosum* № 130 в среде из ячменного сусла, содержащего 3,0 % углеводов**

№ опыта	Количество внесенного посевного материала, %	Содержание микроконидий в среде после засева, млн/см <sup>3</sup>	Концентрация сухого мицелия в конце роста, %	Содержание микроконидий в конце роста, млн/см <sup>3</sup>	Жизнеспособность микроконидий, %
1–4	9,88±0,28	4,9±0,14	0,85±0,037	25,0±0,84	38,8±1,4
5–8	5,0±0,28	2,5±0,14	0,78±0,017	27,3±0,56	43,3±1,4
9–12	2,5±0,14	1,25±0,07	0,54±0,02	16,5±0,84	34,5±1,4

**Таблица 3 – Влияние разного количества посевного материала на выход биомассы и спорогенез гриба *Tr. verrucosum* № 130 в среде из ячменного сусла, содержащего 6,0 % углеводов**

№ опыта	Количество внесенного посевного материала, %	Содержание микроконидий в среде после засева, млн/см <sup>3</sup>	Концентрация сухого мицелия в конце роста, %	Содержание микроконидий в конце роста, млн/см <sup>3</sup>	Жизнеспособность микроконидий, %
1–4	10,0±0,28	5,0±0,14	0,85±0,01	25,5±1,4	28,8±1,68
5–8	5,1±0,28	2,6±0,14	0,87±0,01	30,3±0,84	41,0±1,4
9–12	2,44±0,14	1,2±0,07	0,52±0,01	21,5±1,12	31,8±0,84

Из данных, помещенных в таблицах 1–3, видно, что на рост грибов оказывает влияние концентрация сахаров в среде и количество вносимого посевного материала. Так, у *Tr. Verrucosum* № 130 наиболее высокое накопление мицелия (0,85±0,01–0,87±0,01%) отмечено в ячменном сусле,

содержащем 6 % углеводов, и при внесении 5–10 % посевного материала. Наименьшее мицелиообразование у *Tr. verrucosum* № 130 установлено в ячменном сусле, содержащем 6 % углеводов, и при внесении 2,5 % посевного материала.

При снижении содержания углеводов в среде до 3,0 % и внесении 5–10 % посевного материала у *Tr. verrucosum* № 130 накопление мицелия составило  $0,78 \pm 0,017$ – $0,85 \pm 0,037$  %. При внесении в среду, содержащую 3 % углеводов, 2,5 % посевного материала у *Tr. verrucosum* № 130 мицелий накапливался до  $0,54 \pm 0,02$  %.

В ячменном сусле, содержащем 1,5 % углеводов, отмечен скудный рост мицелия у *Tr. verrucosum* № 130 при внесении 2,5; 5,0 и 10,0 % посевного материала и составил, соответственно,  $0,33 \pm 0,014$  %,  $0,56 \pm 0,017$  % и  $0,55 \pm 0,017$  %.

Спорообразование у *Tr. verrucosum* № 130 на среде, содержащей 6 % углеводов, наиболее активно проявлялось при внесении 5–10 % посевного материала, и составило  $25,5 \pm 1,4$ – $30,3 \pm 0,84$  % и менее выражено при внесении 2,5 % посевного материала –  $21,5 \pm 1,12$  %. Жизнеспособность спор составила  $28,8 \pm 1,68$ – $41,0 \pm 1,4$  %.

На среде, содержащей 3 % углеводов и при внесении 5–10 % посевного материала *Tr. verrucosum* № 130, спорообразование составило  $25,0 \pm 0,84$ – $27,3 \pm 0,56$  % при жизнеспособности  $38,8 \pm 1,4$ – $43,3 \pm 1,4$  %.

В скудной среде (содержание углеводов 1,5 %) независимо от объема вносимого посевного материала спорогенез был минимальный и составил  $9,0 \pm 0,84$ – $12,3 \pm 1,4$  % при жизнеспособности микроконидий  $21,5 \pm 1,97$ – $22,0 \pm 1,12$  %.

Результаты мицелие- и спорообразования у *Tr. mentagrophytes* № 135 представлены в таблицах 4–6.

**Таблица 4 – Влияние разного количества посевного материала на выход биомассы и спорогенез гриба *Tr. mentagrophytes* № 135 в среде из ячменного сусла, содержащего 1,5 % углеводов**

№ опыта	Количество внесённого посевного материала, %	Содержание микроконидий в среде после засева, млн/см <sup>3</sup>	Концентрация сухого мицелия в конце роста, %	Содержание микроконидий в конце роста, млн/см <sup>3</sup>	Жизнеспособность микроконидий, %
1–4	$10,0 \pm 0,28$	$5,0 \pm 0,14$	$0,55 \pm 0,03$	$12,0 \pm 1,4$	$21,3 \pm 1,69$
5–8	$5,0 \pm 0,28$	$2,5 \pm 0,14$	$0,59 \pm 0,017$	$13,5 \pm 1,12$	$22,8 \pm 1,4$
9–12	$2,5 \pm 0,28$	$1,25 \pm 0,07$	$0,33 \pm 0,014$	$9,3 \pm 0,56$	$22,8 \pm 1,4$

**Таблица 5 – Влияние разного количества посевного материала на выход биомассы и спорогенез гриба *Tr. mentagrophytes* № 135 в среде из ячменного сусла, содержащего 3,0 % углеводов**

№ опыта	Количество внесённого посевного материала, %	Содержание микроконидий в среде после засева, млн/см <sup>3</sup>	Концентрация сухого мицелия в конце роста, %	Содержание микроконидий в конце роста, млн/см <sup>3</sup>	Жизнеспособность микроконидий, %
1–4	$9,88 \pm 0,28$	$4,9 \pm 0,14$	$0,81 \pm 0,039$	$24,5 \pm 1,4$	$35,3 \pm 1,69$
5–8	$5,0 \pm 0,28$	$2,5 \pm 0,14$	$0,78 \pm 0,028$	$26,0 \pm 1,12$	$42,0 \pm 1,4$
9–12	$2,5 \pm 0,14$	$1,25 \pm 0,07$	$0,47 \pm 0,025$	$18,8 \pm 1,69$	$32,3 \pm 1,4$

**Таблица 6 – Влияние разного количества посевного материала на выход биомассы и спорогенез гриба *Tr. mentagrophytes* № 135 в среде из ячменного сусла, содержащего 6,0 % углеводов**

№ опыта	Количество внесённого посевного материала, %	Содержание микроконидий в среде после засева, млн/см <sup>3</sup>	Концентрация сухого мицелия в конце роста, %	Содержание микроконидий в конце роста, млн/см <sup>3</sup>	Жизнеспособность микроконидий, %
1–4	$9,88 \pm 0,28$	$4,9 \pm 0,14$	$0,84 \pm 0,034$	$25,8 \pm 1,12$	$26,3 \pm 2,25$
5–8	$5,0 \pm 0,28$	$2,5 \pm 0,14$	$0,85 \pm 0,025$	$28,3 \pm 1,12$	$43,5 \pm 1,12$
9–12	$2,5 \pm 0,14$	$1,25 \pm 0,07$	$0,49 \pm 0,017$	$21,5 \pm 1,97$	$29,3 \pm 1,97$

При анализе результатов мицелие- и спорообразования у *Tr. mentagrophytes* № 135, помещённых в таблицах № 4–6, получены примерно аналогичные данные, как у *Tr. verrucosum* № 130.

**Заключение.** На основании полученных результатов исследований можно сделать следующие выводы: 1. Для конструирования вакцинных препаратов против трихофитии необходимо оптимизировать среду и подобрать условия выращивания для достижения спорообразования не менее  $50$  млн/см<sup>3</sup> среды.

2. Наиболее технологично жидкофазное выращивание грибов рода *Trichophyton* осуществлять на ячменном сусле, содержащем 3 % углеводов.

3. В ячменное сусло целесообразно вносить до 5 % посевного материала *Tr. verrucosum* № 130 или *Tr. mentagrophytes* № 135.

**Литература.** 1. Алешкевич, В. Н. Диагностика трихофитии крупного рогатого скота в Республике Беларусь / В. Н. Алешкевич // Ученые записки УО ВГАВМ. – 2011. – Т. 47, вып. 1. – С. 4–7. 2. Зайцева, В. В. Стимуляция биологической активности гриба рода *Trichophyton* при конструировании вакцины против трихофитии крупного рогатого скота : автореф. дис. ... канд. биол. наук : 06.02.02 / В. В. Зайцева ; РУП «Институт экспериментальной ветеринарии им. С.Н. Вышелесского». – Минск, 2017. – 30 с. 3. Кухар, Е. В. Антигенные свойства компонентов клеточной стенки возбудителя трихофитии и их использование в разработке иммуноферментных тест-систем / Е. В. Кухар // Вестник науки Казахского аграрного университета им. С. Сейфуллина. – 2002. – Т. 3, № 5. – С. 75–81. 4. Кухар, Е. В. Культивирование гриба *Trichophyton faviforme* – возбудителя трихофитии крупного рогатого скота / Е. В. Кухар // Ветеринарная наука в период экономических реформ : сб. науч. ст. Международной научно-практической конференции, посвященной 120-летию академика К. И. Скрябина. – Астана, 1999. – С. 106–108. 5. Кухар, Е. В. Поверхностное культивирование дерматофитов в целях лабораторной диагностики / Е. В. Кухар, А. У. Байдуйсенова, А. К. Акимбаева // Вестник науки Казахского аграрного университета им. С. Сейфуллина. – 2006. – № 2 (41). – С. 149–156. 6. Лабусова, Н. И. Стимуляция поствакцинального иммунитета при трихофитии крупного рогатого скота : автореф. дис. ... канд. вет. наук : 16.00.03 / Н. И. Лабусова ; РНИУП «Институт экспериментальной ветеринарии им. С. Н. Вышелесского». – Минск, 2004. – 21 с. 7. Лазовский, В. А. Живая сухая вакцина «Триховак-Стимул-1» против трихофитии крупного рогатого скота (получение, контроль и применение) : автореф. дис. ... канд. вет. наук : 16.00.03 / В. А. Лазовский ; РУП «Институт экспериментальной ветеринарии им. С.Н. Вышелесского». – Минск, 2007. – 22 с. 8. Маноян, М. Г. Терапия и профилактика дерматофитозов мелких домашних животных / М. Г. Маноян, К. П. Летягин, А. Н. Панин // Совершенствование методов контроля, стандартизации и сертификации ветеринарных препаратов : тезисы докладов Всероссийской научной конф. – Москва, 2001. – С. 151–152. 9. Петрович, С. В. Микозы животных / С. В. Петрович. – Москва : Росагропромиздат, 1989. – 173 с. 10. Соловьев, Н. П. Подбор иммуногенных и продуктивных штаммов для вакцины Триховак 2 и ее применение в условиях Республики Саха (Якутия) : автореф. дис. ... канд. вет. наук : 16.00.03 / Н. П. Соловьева ; ВИЭВ. – Москва, 2004. – 27 с. 11. Тищенко, Е. В. Технологические параметры *Trichophyton faviforme* при культивировании в биореакторах / Е. В. Тищенко, М. Н. Мирзаев, Д. А. Деврешов // Ветеринарная медицина. – 2009. – № 1–2. – С. 20–21. 12. Тищенко, Е. В. Световая и сканирующая электронная микроскопия гриба *Trichophyton faviforme* при глубинном и поверхностном культивировании / Е. В. Тищенко // Ветеринарная медицина. – 2009. – № 4. – С. 21–22.

Поступила в редакцию 09.10.2024.

УДК 620.3:619

## СРАВНИТЕЛЬНАЯ ЦИТОТОКСИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ НАНОРАЗМЕРНЫХ И ИОННЫХ ФОРМ СЕРЕБРА

**Корочкин Р.Б., Красочко П.А., Понаськов М.А.**

УО «Витебская ордена «Знак Почета» государственная академия ветеринарной медицины»,  
г. Витебск, Республика Беларусь

Со времени появления нанотехнологий биологические объекты подвержены воздействию наноразмерных материалов, которые могут рассматриваться в качестве нового класса токсикантов. Из-за своей высокой антибактериальной активности и недоказанной устойчивости со стороны бактерий наночастицы серебра могут считаться одним из важных антибактериальных агентов, однако их токсичность в отношении более сложных организмов остается малоизученной. В настоящем опыте авторы постарались предложить методику определения экологической токсичности наночастиц металлов в сравнении с их ионными аналогами путем создания искусственной лабораторной модели, основанной на использовании водных организмов, таких как *Paramecium caudatum*. **Ключевые слова:** наночастицы серебра, ионы серебра, биоцидность, инфузория-туфелька, *Paramecium caudatum*.

## CYTOTOXIC PROPERTIES OF NANOSIZE AND IONIC FORMS OF SILVER

**Korachkin R.B., Krasochko P.A., Ponaskov M.A.**

Vitebsk State Academy of Veterinary Medicine, Vitebsk, Republic of Belarus

Since the advent of nanotechnology, biological objects have been exposed to nanoscale materials, which can be considered as a new class of toxicants. Due to its high antibacterial activity and the unproven resistance of bacteria, silver nanoparticles can be considered one of the important antibacterial agents, however, their toxicity to more complex organisms remains poorly understood. In the present experiment, the authors tried to propose a method for determining the environmental toxicity of metal nanoparticles in comparison with these ionic counterparts by creating an artificial laboratory model based on the use of aquatic organisms such as *Paramecium caudatum*. **Keywords:** silver nanoparticles, silver ions, biocidal activity, ciliates, *Paramecium caudatum*.

**Введение.** Исследования в области наноматериалов получили значительную популярность в последние несколько лет. Нановещества привлекают все большее внимание благодаря своим уникальным физико-химическим свойствам, которые определяются их наноразмерностью и, в частности, в их большой площади поверхности. Наночастицы в настоящее время все чаще являются